

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Emanuela Antolović

**IZRAČUN RUTNIH NAKNADA S CILJEM
USPOREDBE KORIŠTENJA NAJJEFTINIJIH ILI
NAJKRAĆIH RUTA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 6. travnja 2018.

Zavod: **Zavod za aeronautiku**
Predmet: **Upravljanje kapacitetom i protokom zračnog prometa**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 4875

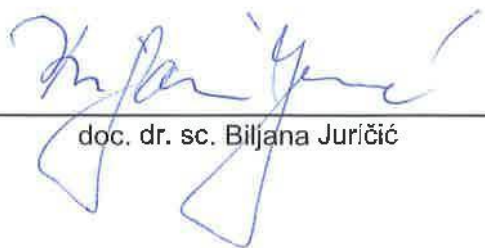
Pristupnik: **Emanuela Antolović (0135232615)**
Studij: **Aeronautika**

Zadatak: **Izračun rutnih naknada s ciljem usporedbe korištenja najjeftinijih ili najkraćih ruta**

Opis zadatka:

Uvodno navesti cilj, teze i djelokrug istraživanja. Obraditi podatke o zračnom prometu u Europi i Hrvatskoj. Analizirati metodologiju izračuna rutnih naknada na razini Europske unije i na lokalnoj razini države. Objasniti indikatore utjecaja na okoliš i njihov način određivanja. Primijeniti program NEST i odrediti rutne naknade i indikatore utjecaja na okoliš za zadani uzorak prometa. Analizirati dobivene rezultate i usporediti korištenje najjeftinijih ili najkraćih ruta. Dati zaključna razmatranja.

Mentor:



doc. dr. sc. Biljana Juričić

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**IZRAČUN RUTNIH NAKNADA S CILJEM USPOREDBE
KORIŠTENJA NAJJEFTINIJIH ILI NAJKRAĆIH RUTA
THE CALCULATION OF ROUTE CHARGES IN ORDER TO
COMPARE THE USE OF THE CHEAPEST OR SHORTEST
ROUTE**

Mentor: doc. dr. sc. Biljana Juričić

Student: Emanuela Antolović

JMBAG: 0135232615

Zagreb, rujan, 2018.

IZRAČUN RUTNIH NAKNADA S CILJEM USPOREDBE KORIŠTENJA NAJJEFTINIJIH ILI NAJKRAĆIH RUTA

SAŽETAK

Sustav zračne plovidbe uspostavljen je u svrhu odvijanja sigurnog, redovitog i učinkovitog zračnog prometa. Sustav predstavlja skup usluga kojima se zajedničkim djelovanjem nastoji osigurati navedeni cilj. Kako bi se pratilo postizanje zadanih ciljeva i kontinuirano poboljšavao cijeli sustav zrakoplovstva, uspostavljeno je šest ključnih područja učinkovitosti: troškovna učinkovitost, operativna učinkovitost, okoliš, kapacitet, sigurnost i zaštita. Današnje zrakoplovstvo doživljava veliki uspon te rezultira sve većim brojem letova unutar europskog zračnog prostora. To za posljedicu ima zagušenje kapaciteta zračnog prostora, što također predstavlja i povećan štetan utjecaj zrakoplova na okoliš. Unutar područja EUROCONTROL-a uspostavljen je jedinstveni način obračuna usluga u zračnoj plovidbi koji se očituje u obliku plaćanja naknada. Svrha ovog rada je prikazati funkcioniranje sustava naplate rutnih naknada kako bi se utvrdila razlika u korištenju najjeftinijih ili najkraćih ruta. Analizom usporedbe korištenja najjeftinijih ili najkraćih ruta na zadanom prometnom uzorku dobivena je razlika u iznosu rutnih naknada kao i štetan utjecaj na okoliš. Dobiveni rezultati prikazuju da postoje razlike između te dvije rute i da se one najviše očituju u troškovima rutnih naknada.

KLJUČNE RIJEČI: rutna naknada; najjeftinija ruta; najkraća ruta; okoliš; upravljanje zračnim prometom

THE CALCULATION OF THE ROUTE CHARGES IN ORDER TO COMPARE THE USE OF THE CHEAPEST OR SHORTEST ROUTE

SUMMARY

The air navigation system has been established to maintain safe, regular and efficient air traffic. The system represents a set of services that strive to achieve this goal through joint action. To track the achievement of set goals and continuously improve the entire aviation system, six key areas of efficiency have been established: cost efficiency, operational efficiency, environment, capacity, safety and security. Today's aviation is experiencing a major rise and that results in an increasing number of flights within European airspace. Consequently, it resulted in a congestion of the airspace capacity, which also represents the increase of damaging impact that aircraft have on environment. Within the EUROCONTROL area, a unique way of calculating air navigation services has been established that is manifested in the form of charges. The purpose of this thesis is to demonstrate the functioning of the route charges system to determine the difference in the use of the cheapest or shortest route. By analyzing the comparison of the use of cheapest or shortest route for the given traffic sample, the difference in the amount of route charges was obtained, as well as the damaging impact on the environment. The obtained results show that there are differences between these two routes and that they are mostly manifested in the cost of route charges.

KEY WORDS: route charge; the cheapest route; the shortest route; environment; air traffic management

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. STANJE ZRAČNOG PROMETA U EUROPI S OBZIROM NA UČINKOVITOST I UTJECAJ NA OKOLIŠ	3
2.1. Usluge u zračnoj plovidbi.....	3
2.1.1. Usluge komunikacije, navigacije i nadzora CNS	3
2.1.2. Meteorološke usluge MET	4
2.1.3. Usluge zrakoplovnog informiranja AIS	4
2.1.4. Usluga upravljanja zračnim prometom ATM	4
2.1.4.1. Operativne usluge u zračnom prometu ATS.....	4
2.1.4.2. Usluga upravljanja zračnim prostorom ASM	5
2.1.4.3. Usluga upravljanja protokom (i kapacitetom) zračnog prometa ATF(C)M ..	6
2.2. Ključna područja učinkovitosti KPA.....	7
2.2.1. Troškovna učinkovitost	9
2.2.2. Operativna učinkovitost	9
2.2.3. Okoliš	10
2.2.4. Kapacitet.....	10
2.2.5. Sigurnost.....	10
2.2.6. Zaštita	10
2.3. Stanje zračnog prometa u Europi s obzirom na učinkovitost i utjecaj na okoliš.....	11
2.3.1. Utjecaj na okoliš.....	12
2.3.2. Operativna učinkovitost ostvarena na <i>en-route</i> fazi leta.....	13
2.3.3. Operativna učinkovitost ostvarena na zračnim lukama.....	15
3. METODOLOGIJA IZRAČUNA RUTNIH NAKNADA NA RAZINI EUROPSKE UNIJE I NA LOKALNOJ RAZINI DRŽAVE	18
3.1. Izračun rutnih naknada na razini Europske unije	18
3.1.1. Centralni ured za naplatu rutnih troškova CRCO	18
3.1.2. Podaci o letu koji se koriste za naplatu	19
3.1.3. Računovodstvena načela i troškovi	19
3.1.4. Izračun rutnih naknada	21
3.1.4.1. Faktor duljine leta	22
3.1.4.2. Faktor težine zrakoplova	23
3.1.4.3. Jedinичna cijena naknade.....	23

3.1.5.	Izuzeci od plaćanja rutnih naknada	25
3.2.	Izračun rutnih naknada na razini Republike Hrvatske.....	26
3.2.1.	Izračun rutnih naknada	26
3.2.2.	Izuzeci od plaćanja rutnih naknada	27
3.3.	Primjer izračuna rutnih naknada za određeni let	27
4.	INDIKATORI UTJECAJA NA OKOLIŠ	30
4.1.	Utjecaj globalnih klimatskih promjena.....	31
4.2.	Utjecaj kvalitete okolnog zraka	32
4.3.	Utjecaj buke.....	32
4.4.	Ključni pokazatelji učinkovitosti okoliša	32
4.5.	Horizontalna učinkovitost leta HFE	33
5.	PRIMJENA PROGRAMA NEST ZA ODREĐIVANJE RUTNIH NAKNADA I INDIKATORA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA ZADANI PROMET	38
6.	ANALIZA DOBIVENIH REZULTATA I USPOREDBA KORIŠTENJA NAJJEFTINIJIH ILI NAJKRAĆIH RUTA	54
7.	ZAKLJUČAK	64
	LITERATURA.....	65
	POPIS SLIKA	67
	POPIS TABLICA.....	68

1. UVOD

Povećanje količine zračnog prometa je obilježje današnjeg zrakoplovstva. Iako je povećanje prometa među glavnim ciljevima zrakoplovstva, ono predstavlja i nove izazove s kojima se mora suočiti. Za sigurno i učinkovito odvijanje zračnog prometa sustav zrakoplovstva se sastoji od mnogo funkcija i velikog broja sudionika. Kako bi se uz porast prometa osiguralo održavanje pa i povećanje postojeće razine sigurnosti, potrebno je pratiti te procjenjivati učinak upravljanja zračnim prometom. Funkcija upravljanja zračnim prometom predstavlja skup funkcija u zrakoplovu i na zemlji kojima se osigurava sigurnost i učinkovitost kretanja zrakoplova tijekom svih faza leta. Ona se sastoji od operativnih usluga u zračnom prometu, usluga upravljanja zračnim prostorom i usluga upravljanja protokom i kapacitetom zračnog prometa. Svaka od navedenih funkcija ima za cilj, uz osiguravanje sigurnog letenja, omogućiti i što učinkovitije letenje. Zbog toga se i radi na razvoju principa koji će omogućiti što kraće letove između dviju zračnih luka kako bi se korisnicima zračnog prostora poboljšala troškovna učinkovitost.

Osim troškovne učinkovitosti veliki naglasak stavlja se i na područje okoliša gdje se nastoje razviti metode i tehnologije koje pomažu smanjenju štetnog utjecaja na okoliš. Zrakoplovstvo doprinosi klimatskim promjenama, buci i utječe na kvalitetu okolnog zraka, te time utječe na zdravlje i kvalitetu života europskih stanovnika. Razina utjecaja na okoliš se prati te se na taj način pokušavaju donijeti rješenja koja će poboljšati dosadašnju situaciju. Ključni pokazatelj učinkovitosti tog područja jest horizontalna učinkovitost leta. Ona predstavlja razliku između duljine putanje ostvarene na rutnom segmentu leta i najkraće udaljenosti između točaka, koja je u prosjeku velika kružnica.

Cilj ovog rada jest izabrati određene rute za zadani uzorak prometa te utvrditi jesu li te rute ujedno i najkraće te ukoliko nisu odrediti razliku između udaljenosti najkraćih i najjeftinijih ruta te razliku u cijeni. Rad je podijeljen u 7 cjelina:

- Uvod,
- Stanje zračnog prometa u Europi s obzirom na učinkovitost i utjecaj na okoliš,
- Metodologija izračuna rutnih naknada na razini Europske unije i na lokalnoj razini države,
- Indikatori utjecaja na okoliš,
- Primjena programa NEST za određivanje rutnih naknada i indikatora utjecaja na okoliš za zadani promet,
- Analiza dobivenih rezultata i usporedba korištenja najjeftinijih ili najkraćih ruta,
- Zaključak.

U drugom poglavlju rada podijeljene su i opisane usluge u zračnoj plovidbi. Također su objašnjena ključna područja učinkovitosti kao i stanje zračnog prometa iznad Europe promatrano u odnosu na učinkovitost i utjecaj na okoliš.

Metodologija izračuna rutnih naknada na razini Europe, ali i na lokalnoj razini Republike Hrvatske pobliže je opisana trećim poglavljem. Objašnjen je pojam Centralnog ureda za naplatu rutnih troškova te je predstavljen primjer izračuna rutnih naknada za određeni let.

Četvrto poglavlje sadrži opis utjecaja globalnih klimatskih promjena, kvalitete okolnog zraka i buke. Detaljnije su objašnjeni ključni pokazatelji učinkovitosti okoliša i način određivanja horizontalne učinkovitosti leta.

U petom poglavlju je detaljno objašnjen način na koji su se odredili podaci potrebni za analiziranje usporedbe korištenja najjeftinije ili najkraće rute. U poglavlju je također predstavljen rezultat štetnog utjecaja na okoliš promatranih letova.

Analiza svih dobivenih rezultata korištenja najjeftinijih ruta umjesto najkraćih sadržana je u šestom poglavlju. Podaci su analizirani kroz nekoliko tablica koje su posebno objašnjene.

2. STANJE ZRAČNOG PROMETA U EUROPI S OBZIROM NA UČINKOVITOST I UTJECAJ NA OKOLIŠ

Zračni promet predstavlja sav promet koji se obavlja u zraku i na manevarskim površinama aerodroma. U svrhu odvijanja sigurnog, redovitog i učinkovitog zračnog prometa uspostavljen je sustav zračne plovidbe ANS (*Air Navigation Service*). Usluga zračne plovidbe ANS predstavlja skup usluga koje su podijeljene na četiri skupine kojima se zajedničkim djelovanjem nastoji osigurati navedeni cilj, a to je prvenstveno siguran zračni promet, ali i redovit i učinkovit zračni promet [1].

2.1. Usluge u zračnoj plovidbi

Usluge u zračnoj plovidbi provode zaduženi nacionalni pružatelji usluga zračne plovidbe ANSP-ovi (*Air Navigation Service Providers*) koji su zaduženi za prijevoz putnika i robe s jednog mjesta na drugo mjesto na siguran, redovan i učinkovit način. Te usluge obuhvaćaju četiri područja koja se mogu podijeliti na:

- usluge komunikacije, navigacije i nadzora CNS (*Communication, Navigation and Surveillance*),
- meteorološke usluge MET (*Meteorological services*),
- usluge zrakoplovnog informiranja AIS (*Aeronautical Information Services*),
- usluga upravljanja zračnim prometom ATM (*Air Traffic Management*) [1].

2.1.1. Usluge komunikacije, navigacije i nadzora CNS

Usluge komunikacije, navigacije i nadzora su temeljne tehničke usluge koje su zadužene za planiranje, instaliranje te održavanje tehničkih sustava koje koriste kontrolori zračnog prometa kako bi osigurali siguran i učinkovit zračni promet. Usluga komunikacije je zadužena za glasovne i podatkovne komunikacijske sustave koji se koriste kako bi se uspostavila komunikacija između pilota i kontrolora zračnog prometa, kao i drugih jedinica zračnog prometa i ostalih relevantnih sudionika. Usluga navigacije je odgovorna za svu navigacijsku opremu instaliranu na zemlji koja omogućava sigurnu i učinkovitu navigaciju zrakoplova u zraku. Koristeći visoko kvalitetnu opremu, koja konstantno emitira radio signale, zrakoplovu je omogućeno znanje o lokaciji u prostoru bez obzira na vremenske uvjete. Najkritičniji dio opreme jeste sustav za instrumentalno slijetanje ILS (*Instrument Landing System*) koji omogućava zrakoplovu slijetanje temeljeno isključivo na signalima koje emitira takva oprema. Usluga nadzora je zadužena za sustave nadzora koji osiguravaju kontrolorima zračnog prometa vizualni prikaz zrakoplova koji se nalaze u njihovom kontroliranom zračnom prostoru. Najčešće se koriste primarni i sekundarni radarski sustavi, no skorija istraživanja su razvila tehnologiju koja se oslanja na satelitskim signalima, poput ADS-B (*Automatic Dependent Surveillance – Broadcast*) ili MLAT (*Multilateration*) sustava koji se sve više upotrebljavaju na europskim zračnim lukama [2].

2.1.2. Meteorološke usluge MET

Meteorološke usluge osiguravaju saznanje o zrakoplovnim informacijama o vremenu svim korisnicima zračnog prostora, jedinicama kontrole zračnog prometa i ostalim relevantnim sudionicima. Ova usluga pruža izvješća o trenutnom vremenskom stanju poput METAR (*Meteorological Terminal Aviation Routine Weather Report*) ili SPECI (*Aviation Selected Special Weather Report*) izvješća, ali i izvješća o budućim vremenskim prognozama poput TAF (*Terminal Aerodrome Forecast*) i SIGMET (*Significant Weather Information*) izvješća. Meteorološke usluge također pružaju upozorenja i druge značajne meteorološke informacije koje se odnose na meteorološke uvjete koji mogu utjecati na zrakoplove u zraku, objekte zračnih luka kao i zrakoplove koji se nalaze na uzletno-sletnoj stazi [2].

2.1.3. Usluge zrakoplovnog informiranja AIS

Osnovni cilj usluga zrakoplovnog informiranja jeste osigurati nesmetan protok zrakoplovnih informacija ili podataka koji su neophodni za sigurnost, redovitost, ekonomičnost i učinkovitost međunarodne zračne plovidbe. Ova usluga je odgovorna za prikupljanje ili sastavljanje, uređivanje, formatiranje, objavljivanje i prosljeđivanje zrakoplovnih podataka pilotima, jedinicama kontrole zračnog prometa i svim drugim sudionicima. Zrakoplovni podaci mogu biti objavljeni preko nekoliko dokumenata ovisno o prirodi informacija:

- zbornik zrakoplovnih informacija AIP (*Aeronautical Information Publication*),
- obavijesti za pilote NOTAM (*Notice to Airmen*),
- cirkular zrakoplovnih informacija AIC (*Aeronautical Information Circular*),
- zbornik preduzetnih informacija PIB (*Pre-Flight Information Bulletin*) [2].

2.1.4. Usluga upravljanja zračnim prometom ATM

Usluga upravljanja zračnim prometom je skup funkcija u zrakoplovu i na zemlji kojima se osigurava sigurnost i učinkovitost kretanja zrakoplova u svim fazama leta. Ona se sastoji od:

- operativnih usluga u zračnom prometu ATS (*Air Traffic Services*),
- usluga upravljanja zračnim prostorom ASM (*Airspace Management*),
- usluga upravljanja protokom (i kapacitetom) zračnog prometa ATF(C)M (*Air Traffic Flow (and Capacity) Management*) [3].

2.1.4.1. Operativne usluge u zračnom prometu ATS

Operativne usluge u zračnom prometu uključuju:

- usluge kontrole zračnog prometa ATC (*Air Traffic Services*),
- prosljeđivanje letnih informacija FIS (*Flight Information Service*),
- usluge uzbunjivanja ALRS (*Alerting Services*).

Usluge kontrole zračnog prometa služe u svrhu sprječavanja sudara između zrakoplova, između zrakoplova i prepreka na manevarskim površinama aerodroma, kao i u svrhu ubrzanja i održavanja redovitog protoka zračnog prometa. U okviru usluge kontrole zračnog prometa pružaju se:

- usluge aerodromske kontrole zračnog prometa koje pruža aerodromski kontrolni toranj TWR,
- usluge prilazne kontrole zračnog prometa koje pruža jedinica prilazne kontrole zračnog prometa APP,
- usluge oblasne kontrole zračnog prometa koje pruža centar oblasne kontrole ACC [4].

Usluge aerodromske kontrole zračnog prometa se pružaju radi kontrole cjelokupnog aerodromskog prometa, odnosno polijetanja, slijetanja i kretanja po manevarskim površinama aerodroma kao i letovima u kontroliranoj zoni aerodroma CTR (*Control Zone*) [5].

Usluge prilazne kontrole zračnog prometa se pružaju kontroliranim letovima u dolasku na određeni aerodrom i odlasku s aerodroma kao i ostalim letovima unutar završne kontrolirane oblasti, odnosno terminala TMA (*Terminal Control Area*). Prilazna kontrola zračnog prometa time predstavlja poveznicu između oblasne kontrole zračnog prometa, koja kontrolira letove zrakoplova na rutama i aerodromske kontrole zračnog prometa, koja kontrolira polijetanja i slijetanja zrakoplova [6].

Usluge oblasne kontrole zračnog prometa se pružaju svim kontroliranim letovima u kontroliranom području CTA (*Control Area*). Zrakoplovi koji podliježu razdvajanju moraju biti razdvojeni najmanje 5 nautičkih milja bočno i 1000 stopa (približno 300 metara) vertikalno [7].

Prosljeđivanje letnih informacija uključuje pružanje savjeta i informacija potrebnih za sigurno, redovito i učinkovito odvijanje letova. Ova usluga pruža se svim letovima koji podliježu kontroli zračnog prometa, kao i svim drugim letovima s kojima je uspostavljena radiotelefonska komunikacija. Tijekom pružanja ovih usluga pilotima se prosljeđuju sljedeće informacije: opće informacije, specifične informacije u pojedinačnim slučajevima, informacije o prometu, prihvatanje i prosljeđivanje poruka i pomoć u navigaciji za VFR (*Visual Flight Rules*) letove [8].

Usluge uzbunjivanja jesu one koje služe u svrhu izvješćivanja nadležnih subjekata o zrakoplovu kojemu je potrebna pomoć prilikom pokretanja postupka potrage i spašavanja te po potrebi pružanja pomoći tim subjektima tijekom potrage i spašavanja zrakoplova. Usluge uzbunjivanja se obavljaju za sve zrakoplove koji podliježu kontroli zračnog prometa, ostale zrakoplove koji su predali plan leta ili su na drugi način poznati nadležnim ATS jedinicama te zrakoplove kojima prijeti nezakonito ometanje ili su predmet nezakonitog ometanja [9].

2.1.4.2. Usluga upravljanja zračnim prostorom ASM

Upravljanje zračnim prostorom je funkcija planiranja čiji je primarni cilj maksimiziranje upotrebe raspoloživog zračnog prostora putem dinamičke raspodjele vremena korištenja i,

povremeno, raspodjelom zračnog prostora između različitih kategorija korisnika zračnog prostora na temelju kratkoročnih potreba [3].

Zračni prostor je dostupan za korištenje različitim korisnicima, od kojih svaki od njih ima različite zahtjeve. Cilj ove usluge jest uskladiti zahtjeve svih korisnika i na najbolji mogući način upravljati raspoloživim kapacitetom kako bi se zadovoljili svi zahtjevi. Zračni promet se prema tome može podijeliti na:

- opći zračni promet GAT (*General Air Traffic*) kojeg čine svi letovi civilnih zrakoplova, kao i letovi državnih i vojnih zrakoplova koji se obavljaju sukladno postupcima ICAO (*International Civil Aviation Organisation*),
- operativni zračni promet OAT (*Operational Air Traffic*) kojeg čine svi letovi civilnih zrakoplova, kao i letovi državnih i vojnih zrakoplova koji se obavljaju sukladno posebno utvrđenim postupcima koji se razlikuju od pravila i postupaka ICAO za opći zračni promet,
- civilni zračni promet (*civil air traffic*) koji obuhvaća cjelokupan zračni promet osim vojnog zračnog prometa,
- vojni zračni promet (*military air traffic*) koji obuhvaća zračni promet u kojem sudjeluju vojni zrakoplovi [3].

Zahtjevi općeg zračnog prometa GAT i zahtjevi civilnog zrakoplovstva su, uz sigurnost letenja, ostvarenje dodatnog kapaciteta prostora, smanjenje kašnjenja, smanjenje operativnih troškova uzrokovanih kašnjenjem, kratko i jednostavno ispunjavanje plana leta kao i fleksibilnost i raspoloživost pri odabiru ATS ruta ili prostora (*FRA – Free Route Airspace*). Operativni zračni promet OAT i vojno zrakoplovstvo imaju slične zahtjeve od kojih su najvažniji sloboda korištenja zračnog prostora, posebna pozornost na zrakoplove koji imaju prioritet i rezervacije ili restrikcije prostora radi vojnih operacija [3].

Zračni prostor teži stalnom razvoju kako bi se postigli određeni strateški ciljevi koji se odnose na sigurnost, kapacitet, učinkovitost i smanjenje onečišćenja okoliša. Razvoj europskih struktura zračnog prostora i fleksibilno korištenje zračnog prostora omogućuju optimalno korištenje europskog zračnog prostora kontinuiranim dijeljenjem i razmjenom informacija između svih sudionika. U kontekstu fleksibilne uporabe zračnog prostora, upravljanje zračnim prostorom obuhvaća aktivnosti upravljanja koje su podijeljene na 3 razine:

- strateška razina (ASM razina 1),
- predtaktička razina (ASM razina 2),
- taktička razina (ASM razina 3) [10].

2.1.4.3. Usluga upravljanja protokom (i kapacitetom) zračnog prometa ATF(C)M

Upravljanje protokom i kapacitetom zračnog prometa jest funkcija uspostavljena u svrhu podrške odvijanja sigurnog, redovitog i učinkovitog protoka zračnog prometa uz maksimalno korištenje kapaciteta kontrole zračnog prometa i uz opseg prometa sukladan kapacitetima koje

su objavili određeni pružatelji usluga kontrole zračnog prometa. Cilj ove funkcije jest optimizacija kapaciteta kontrole zračnog prometa i efikasnosti leta uzimajući u obzir zahtjeve za sigurnošću prometa [3].

Raspoloživi kapacitet zračnog prostora predstavlja maksimalan broj zrakoplova koji mogu ući u određeni sektor kontrole zračnog prometa u određenom vremenskom razdoblju, najčešće unutar jednog sata, ne ugrožavajući sigurnosne norme [3].

Usluga ATFM-a djeluje na strateškoj, predtaktičkoj i taktičkoj razini. Uzimajući u obzir popunjene i predane planove leta nastoji se organizirati protok prometa i maksimalno iskoristiti kapacitet i svi zahtjevi korisnika [11].

2.2. Ključna područja učinkovitosti KPA

Inicijativa Europske komisije o kreiranju Jedinstvenog europskog neba SES-a (*Single European Sky*) je pokrenuta kako bi se kreiralo područje u kojem će vrijediti ista pravila te se time sigurnost podići na višu razinu. Glavni razlozi za pokretanje inicijative bili su:

- stalan trend povećanja prometne potražnje,
- zagušenja prometa u zraku i na manevarskim površinama aerodroma,
- velika kašnjenja prometa,
- rascjepkanost prostora,
- nepromijenjeni sustav organizacije zračnog prostora od 60-ih godina 20. stoljeća [3].

Razvoj SES-a se odvijao kroz nekoliko faza zbog kojeg je nastalo više SES paketa, SES I i SES II.

SES I paket je usvojen 2004. godine i glavni cilj mu je bio povećanje postojećih standarda i učinkovitosti zračnog IFR/GAT prometa širom Europe kako bi se optimizirao kapacitet uzimajući u obzir zahtjeve korisnika te smanjenje kašnjenja na najmanju moguću razinu. Jedna od uredbi donesenih ovim paketom bila je i uredba o organizaciji i upravljanju zračnim prostorom. Cilj te uredbe bio je kreirati jedinstveno nebo bez granica u zračnom prostoru u kojem će vrijediti ista pravila i propisi i time osigurati povećanje kapaciteta sustava kontrole zračnog prometa, povećanje sigurnosti prometa, ukidanje rascjepkanosti prostora i postojanje granica, poboljšanje integracije vojnog zrakoplovstva u novu organizaciju prostora i olakšanje uvođenja novih tehnologija. Rješenja prvog SES paketa bila su:

- uvođenje EUIR-a (*European Upper Flight Information Region*),
- mrežno upravljanje i dizajn zračnog prostora u funkciji tokova zračnog prometa,
- uvođenje koncepta FUA (*Flexible Use of Airspace*) [3].

SES II paket odobren je 2009. godine i, za razliku od SES I paketa, ovaj paket mijenja fokus s kapaciteta na učinak izvedbe u globalu. Krajnji cilj ovog paketa jest povećanje ekonomske, financijske izvedbe te izvedbe vezane za zaštitu okoliša u svim uslugama zračne plovidbe u Europi [12].

SES II paket temelji se na četiri faktora razvoja:

- regulacija izvedbe,
- jedinstveni sigurnosni okvir EASA (*European Aviation Safety Association*),
- nove tehnologije SESAR (*Single European Sky Air Traffic Management Research*),
- upravljanje kapacitetom na zračnim lukama [3].

Regulacija izvedbe podrazumijeva uvođenje sljedećih mjera:

- vođenje izvedbe sustava kontrole zračnog prometa donošenjem europskog *ATM Master plan*-a upravljanja zračnim prometom,
- olakšavanje integracije pružanja usluga kroz uspostavu FAB-ova (*Functional Airspace Block*),
- ojačavanje funkcije upravljanja mrežom ruta dizajniranjem ruta i mreže ruta, koordinacijom i dodjeljivanje slotova te upravljanjem i korištenjem različitih SESAR tehnologija [3].

SESAR predstavlja projekt kojemu je glavni cilj pronaći i osmisliti nove tehnologije koje će omogućiti povećanu potražnju zračnog prometa u godinama koje slijede, budući da dotadašnja oprema i sustavi su postali ograničavajući čimbenik kada je bilo riječi o povećanoj prometnoj potražnji. Implementacija SESAR-a odvija se u tri faze:







- faza definiranja plana razvoja (2005. – 2007.) – donošenje dokumenta *ATM Master Plan*,
- faza razvoja (2008. – 2013.) – omogućavanje razvoja osnovnih tehnologija koje će poduprijeti uvođenje nove generacije sustava,
- faza primjene (2014. – 2020.) – instaliranje novih sustava i široka primjena funkcija sustava [3].

Europski ATM Master Plan je razvila Europska komisija u suradnji s EUROCONTROL-om. On predstavlja glavni alat za planiranje pomoću kojeg se definira modernizacija ATM-ovih prioriteta i kojim se osigurava da SESAR koncept postane stvarnost. To je dokument vodič razvoja europskog ATM-a kroz operacijska i tehnička poboljšanja. Kako bi se postigli ti ciljevi uvedeno je šest ključnih područja učinkovitosti:

- troškovna učinkovitost,
- operativna učinkovitost,
- okoliš,
- kapacitet,
- sigurnost,
- zaštita [13].

Ključna područja učinkovitosti KPA (*Key Performance Area*) predstavljaju način kategoriziranja učinaka subjekata koji su povezani i odnose se na ambicije na visokim razinama i njihova očekivanja [14].

Slika 1. prikazuje ambicije izvedbe koncepta SESAR za 2035. godinu koje su kategorizirane prema ključnim područjima učinkovitosti KPA-ovima.

Ključno područje učinkovitosti	Glavni ciljevi SES-a u odnosu na 2005.	Ključni pokazatelj učinkovitosti	Ambicije SESAR-a u odnosu na 2012.	
			Apsolutna ušteda	Relativna ušteda
 Troškovna učinkovitost: produktivnost ANS-a	Smanjiti troškove ATM usluga za 50 % ili više	Direktni ANS troškovi vrata-do-vrata po letu - Determinirani jedinični troškovi za ANS rutne usluge - Determinirani jedinični troškovi za ANS terminalne usluge	EUR 290-380	30-40%
 Operativna učinkovitost	-	Izgaranje goriva po letu (tona/let) Vrijeme leta po letu (min/let)	4-8 min 0.25-0.5 tone	3-6 % 5-10 %
 Kapacitet	Omogućiti trostruko povećanje ATM kapaciteta	Kašnjenje prilikom odlaska (min/odlazak) - ATFM kašnjenje ostvareno na rutnom segmentu* - Svi uzroci primarnih i reaktivnih kašnjenja Dodani letovi na zagušenim zračnim lukama (milijun) Propusnost mreže dodanih letova (milijun)	1-3 min 0.2-0.4 (milijun) 7.6-9.5 (milijun)	10-30 % 5-10 % ¹ 80-100 % ²
 Okoliš	Omogućiti smanjenje od 10 % štetnih djelovanja koje letovi imaju na okoliš	Emisije CO ₂ (tona/let) - Horizontalna učinkovitost leta (stvarna putanja)* - Vertikalna učinkovitost - Faza taksiranja	0.79-1.6 tone	5-10 %
 Sigurnost	Poboljšati sigurnost za faktor 10	Nesreće sa doprinosom ATM-a	Nema povećanja u broju nesreća	Poboljšanje za faktor 3-4
 Zaštita	-	Incidenti vezani za zaštitu povezani sa ATM-om koji rezultiraju ometanju prometa	Nema povećanja u broju incidenata	

Mjerenja sa monetarnim vrijednostima u poslovnom pogledu

Slika 1. Prikaz ambicija koncepta SESAR za 2035. godinu

Izvor: [13]

2.2.1. Troškovna učinkovitost

SESAR razvija rješenja koja će moći osigurati produktivnost ANS-a. Teže se omogućiti potrebne promjene tehničkim sustavima koje će smanjiti troškove, kao i razviti operativni koncept kako bi se povećala cjelokupna produktivnost pružanja ANS-a. Do 2035. godine ambicija SESAR-a je osigurati smanjenje 30-40% troška po letu usporedno s 2012. godinom. Doprinosi produktivnosti ANS-a se najviše očekuju zbog veće automatizacije rutinskih zadataka, poboljšanju radnih metoda i tehnologija, virtualizaciji ANS-a, operacijama usmjerenim na letove i protok te podatkovnom komunikacijom. Glavni cilj jest smanjiti troškove jedinica usluga ATM-a za 50% ili više [13].

2.2.2. Operativna učinkovitost

SESAR nastoji omogućiti indirektne ekonomske doprinose tijekom operacija zrakoplova, najviše kroz smanjenje i bolje upravljanje kašnjenja prilikom odlaska i veću učinkovitost zračnih puteva koji će doprinijeti smanjenju potrošnje goriva i vremena leta kao i povećati točnost u predviđanju. Cilj je smanjiti učinak potrošnje goriva zadržavajući sposobnost prilagodbe povećanju prometa i zadržavanja iste razine sigurnosti. Cilj je omogućiti prosječno smanjenje potrošnje goriva po letu od približno 250-500 kg goriva (približno 5-10% od 4800 kg prosječne potrošnje za reprezentativni let). To se odnosi na operacije zrakoplova na zemlji,

operacijama penjanja i spuštanja u TMA zoni i vertikalnu učinkovitost leta na ruti. S implementacijom SESAR-a poboljšane putanje će rezultirati smanjenju vremena leta 3-6%. To će biti omogućeno korištenjem ruta odabranih od korisnika, dinamičkim upravljanjem zračnog prostora i fleksibilnim korištenjem zračnog prostora. Očekuje se i smanjenje ukupnih kašnjenja za 1-3 minuta po letu [13].

2.2.3. Okoliš

Prosječno smanjenje izgaranja goriva po letu ima direktan utjecaj na smanjenje emisija štetnih plinova pa samim time i na okoliš. SESAR predviđa ukupno smanjenje između 5% i 10% potrošnje goriva po letu što rezultira smanjenju 0,79-1,6 tona emisija CO₂ po letu. Također se ukazuje na potrebu smanjenja buke te će se unutar okvira SESAR-a osigurati specifični indikatori kojima će se pratiti razina buke. Glavni cilj je omogućiti smanjenje od 10% štetnih učinaka koje zrakoplovi imaju na okoliš [13].

2.2.4. Kapacitet

Ovo područje učinkovitosti ima dvije komponente:

- kapacitet terminalnih područja, ruta i mreže,
- kapacitet zračnih luka.

Pretpostavljajući da će se promet povećati za 50% do 2035. godine, cilj SESAR-a je povećati kapacitet mreže za 80-100%. SESAR nastoji omogućiti povećanje kapaciteta kroz upravljanje konfliktima i razdvajanjima te upravljanje kompleksnosti, kao i povećanom automatizacijom što bi oslobodilo kontrolore zračnog prometa do rutinskih zadataka. Cilj SESAR-a jest doprinijeti rješenju zagušenja prometa na zračnim lukama povećanjem propusnosti zračnih luka. Glavni cilj je omogućiti trostruko povećanje kapaciteta [13].

2.2.5. Sigurnost

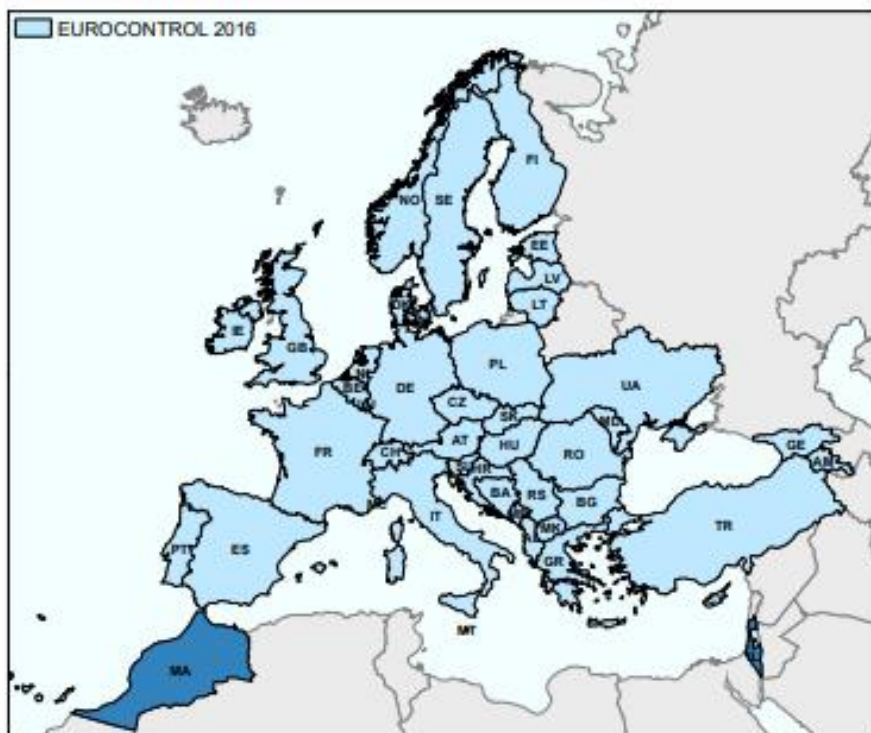
S povećanjem prometa, SESAR nastoji zadržati i, gdje je moguće, povećati razinu sigurnosti. Cilj je smanjiti rizik po letu tako da se povećanjem prometa ukupan broj nesreća u kojima ATM ima doprinos tijekom godine ne poveća ili čak da se smanji. Nastoji se poboljšati sigurnost za faktor 3-4. Glavni cilj SES-a je povećati sigurnost za faktor 10 [13].

2.2.6. Zaštita

Prikladna zaštita je najveće očekivanje korisnika, kao i zaštita informacija vezanih za ATM protiv prijetnji. Upravljanje rizicima bi trebao uravnotežiti potrebe korisnika koji koriste usluge zračne plovidbe s potrebama zaštite sustava ATM-a. Cilj je osigurati da ne dolazi do povećanja rizika od incidenata vezanih za zaštitu ATM sustava. Poseban naglasak se stavlja na zaštitu internetske sigurnosti [13].

2.3. Stanje zračnog prometa u Europi s obzirom na učinkovitost i utjecaj na okoliš

Svake godine EUROCONTROL izdaje i objavljuje izvješće o pregledu učinaka PRR (*Performance Review Report*) koje sadrži procjenu učinka upravljanja zračnim prometom, ATM-a, u Europi u protekloj godini. Izvješće obuhvaća performanse usluga u zračnoj plovidbi u zračnom prostoru koji uključuje prostore 41 zemlje članice EUROCONTROL-a (slika 2.).



Slika 2. Države članice EUROCONTROL-a, [15]

Važno je napomenuti kako postoji promjenjivost prometa koja znatno utječe na performanse ANS-a. Promjenjivost prometa može biti vremenska (sezonska, dnevna ili po satu) i prostorna (položaj prometa unutar zračnog prostora) [15].

Tijekom 2017. godine zračni promet unutar područja EUROCONTROL-a se povećao za 4,3% u odnosu na 2016. godinu. Kao posljedica, najveće opterećenje prometa je doseglo visoku razinu, najviše opterećen dan je bio za 23,8% veći od prosječnog dana. Ukupna ATFM kašnjenja na ruti su se povećala za 7,1% u odnosu na prethodnu godinu. Udio letova koji su imali kašnjenja uzrokovana ATFM regulacijama unutar EUROCONTROL područja su se povećala sa 4,8% na 5,3%. Najviše ATFM kašnjenja na ruti bilo je uzrokovano zbog problema s ATC kapacitetom i osobljem, čak 59,9%. Ta brojka potvrđuje zabrinutost da ATFM kašnjenja bi mogla znatno utjecati na nedovoljan kapacitet ako promet nastavi rasti. Unatoč znatnom povećanju prometa, horizontalna učinkovitost leta prema popunjenim planovima leta se povećala sa 95,4% na 95,6%. Horizontalna učinkovitost leta prema ostvarenim putanjama leta se povećala sa 97,1% na 97,3%. Veliki doprinos donijela je

implementacija koncepta slobodnog planiranja ruta FRA (*Free Route Airspace*) koja omogućuje bolje i fleksibilnije planiranje ruta što doprinosi smanjenju potrošnje goriva i štetnih plinova. Koncept fleksibilnog korištenja zračnog prostora FUA (*Flexible Use of Airspace*) i bolja civilno-vojna suradnja i koordinacija su također značajan učinak poboljšanja kapaciteta i učinkovitosti letova. Metodologija vertikalne učinkovitosti leta prilikom penjanja i spuštanja mjeri se udjelom letova koji koriste proceduru kontinuiranog spuštanja CDO (*Continuous Descent Operation*) gdje se očekuje ušteda u potrošnji goriva kao i smanjenje buke [15].

2.3.1. Utjecaj na okoliš

Veliki naglasak stavlja se na utjecaj koji zrakoplovna industrija ima na okoliš. Odgovornost zrakoplovne industrije jeste minimalizirati taj utjecaj i ona se može podijeliti na:

- globalne klimatske promjene,
- kvalitetu okolnog zraka,
- buku.

Utjecaj zrakoplovstva na okoliš rezultira emisijama stakleničkih plinova, uključujući emisije CO₂, NO_x i kondenzacijskih tragova koji se generiraju ispuhom zrakoplovnog motora. Emisije CO₂ su direktno povezane s izgaranjem goriva, dok je učinak emisije NO_x teže odrediti budući da ovise o postavkama samog motora i prevladavajućih atmosferskih uvjeta. U Europi je osnovan sustav trgovanja emisijama EU ETS (*EU Emissions Trading System*) kojim se nastoje ograničiti emisije štetnih plinova. Procjenjuje se da emisije ugljikovog dioksida u zrakoplovstvu imaju učinak 3,5-5% od ukupnih emisija CO₂ (slika 3.)



Slika 3. Udio emisija CO₂ koje zrakoplovstvo ima na okoliš

Izvor: [15]

Analize pokazuju da ANS može utjecati na približno 6% ukupnih emisija CO₂ vezanih uz zrakoplovstvo u Europi. Fokus ANS-a je bio praćenjem operativne učinkovitosti vezane za ANS kroz uštedi u vremenu leta i udaljenosti, budući da ta operativna mjerenja se mogu pretvoriti u uštede u potrošnji goriva i emisija CO₂ [15].

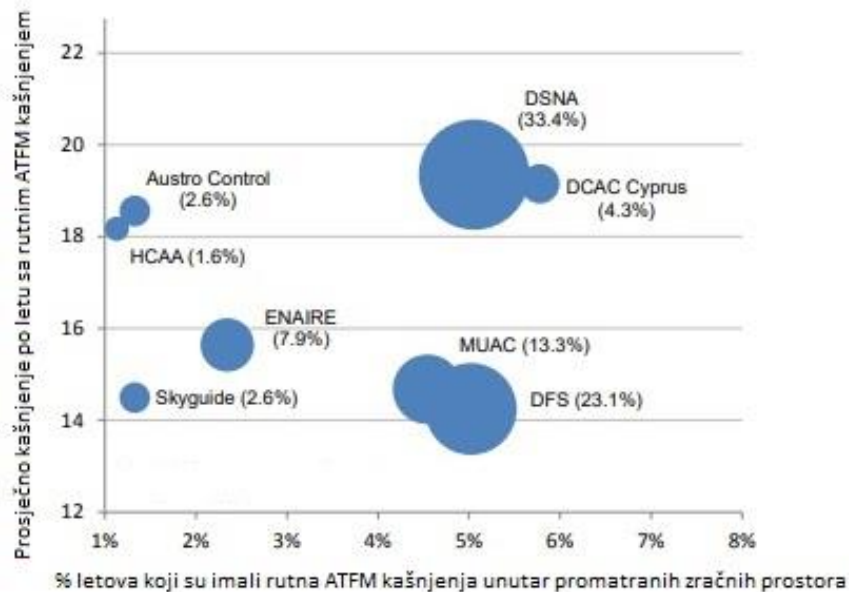
Utjecaj buke u zrakoplovstvu ima najveći učinak na zračnim lukama. Europska agencija za zaštitu okoliša procjenjuje da oko tri milijuna ljudi je izloženo buci iznad 55 decibela. Utjecaj buke od operacija zrakoplova ovisi o velikom broju čimbenika uključujući tip zrakoplova, broj polijetanja i slijetanja, strukture ruta, konfiguracija uzletno-sletne staze i mnogim drugim čimbenicima. Zračne luke se suočavaju s izazovom da uravnoteže potrebu povećanja kapaciteta koji će zadovoljiti budući rast zračnog prometa s potrebom da ograniče negativne učinke na ljude koji se nalaze u okolici zračnih luka. Međutim, može doći do ograničenja kada se leti rutama koje rezultiraju u manjem učinku buke, jer takve rute su manje učinkovite i imaju veći učinak emisija štetnih plinova. Područja gdje ANS može doprinijeti smanjenju zrakoplovne buke su uglavnom vezani uz operativne procedure, no najveći doprinos smanjenju buke se očekuje donošenjem mjera koje su izvan kontrole ANS. Doprinos na koji ANS može utjecati se očituje kroz procjenu korištenja procedura kontinuiranog spuštanja CDO i procedura kontinuiranog penjanja CCO (*Continuous Climb Operation*) [15].

2.3.2. Operativna učinkovitost ostvarena na *en-route* fazi leta

Učinkovitost koja se može postići uslugama zračne plovidbe odnosi se na učinkovitost u vremenu i potrošnji goriva, predvidljivosti i održivosti okoliša kroz smanjenje štetnih plinova i buke.

Kako je ranije spomenuto, ukupna ATFM kašnjenja ostvarena prilikom leta na ruti se povećavaju sa stopom od 7,1%, dok ukupan broj letova je porastao za 4,3% što je dovelo do povećanja prosječnog ATFM kašnjenja na ruti po letu. Udio od 5,3% od svih letova u području EUROCONTROL-a je imao kašnjenja zbog ATFM regulacija. Međutim, prosječno ATFM kašnjenje na ruti po letu s kašnjenjem se smanjio sa 18,1 na 16,5 minuta po letu. Najveće kašnjenje ostvareno je zbog nedostatka kapaciteta i osoblja (59,9%), zatim slijedi utjecaj vremenskih uvjeta (23,2%), ATC ometanja i prosvjedi (9,9%) i kašnjenja zbog posebnih prigoda (3,1%). Udio od 3,6% od svih letova imao je kašnjenja iz razloga regulacije ATC kapaciteta ili osoblja. Kašnjenje uzrokovano nedostatkom osoblja iznosilo je 5,6 milijuna minuta. Detaljnija istraživanja ATFM kašnjenja na ruti pokazuju da je 50% veće prosječno kašnjenje po letu vikendom iz razloga nedostatka kapaciteta i osoblja. Kašnjenja uzrokovana vremenskim uvjetima broje 23,2% od svih ukupnih kašnjenja na ruti što uzrokuje kašnjenja 1% letova, ali prosječno kašnjenje po letu koje ima kašnjenje je 20,4 minute. Vremenski uvjeti ostvarili su 2,1 milijun minuta kašnjenja, što je za 35% više u odnosu na prethodnu godinu [15].

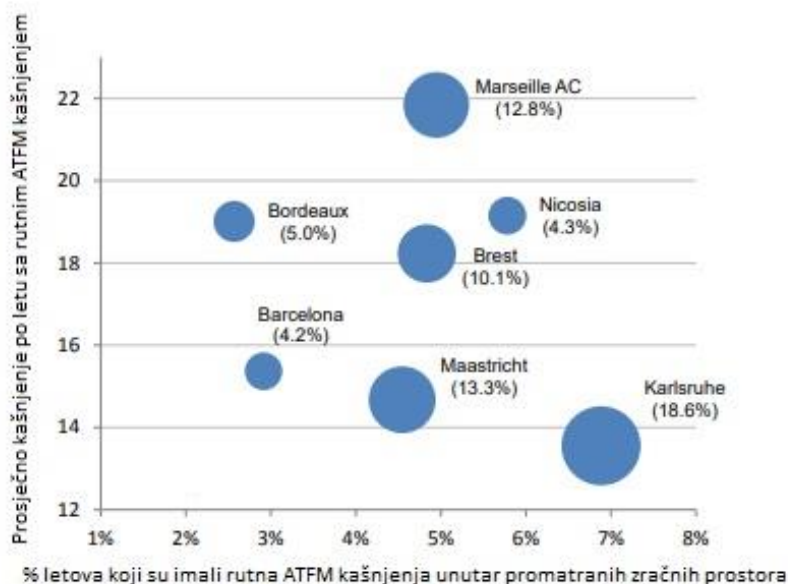
Slika 4. prikazuje pružatelje usluga zračne plovidbe koji su u 2017. godini imali najveći udio letova koji su kasnili zbog ATFM regulacija. Francuski pružatelj usluga zračne plovidbe DSNA generirao je 33,4% od ukupnog ATFM kašnjenja ostvarenog na *en-route* fazi leta unutar područja EUROCONTROL-a, slijedi ga DFS (Njemačka) sa 23,1%, Maastricht sa 13,3% [15].



Slika 4. Pružatelji usluga u zračnoj plovidbi s najvećim ostvarenim kašnjenjem u 2017. godini

Izvor: [15]

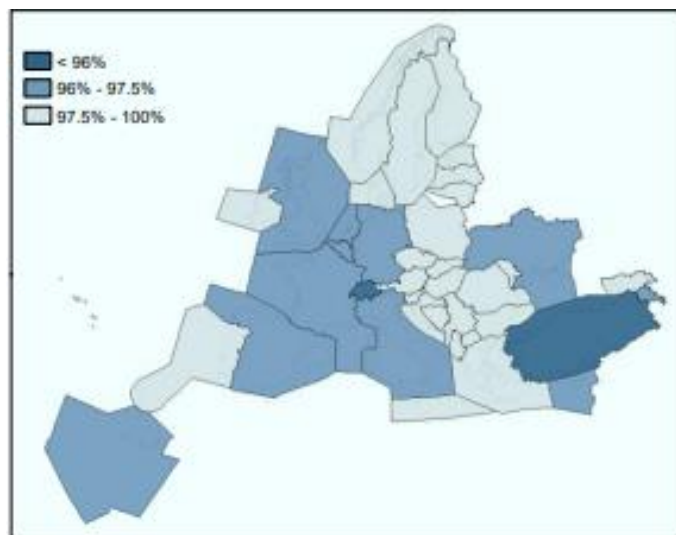
Na slici 5. mogu se vidjeti centri kontrole zračnog prometa koji su ostvarili kašnjenja na više od 2% letova koji su prošli kroz njihov zračni prostor. Centri koji su ostvarili najviše kašnjenja su Karlsruhe, Maastricht, Marseille, Brest, Bordeaux, Nicosia i Barcelona. Oni su zajedno ostvarili približno 70% od ukupno ostvarenog kašnjenja u području EUROCONTROL-a [15].



Slika 5. Centri kontrole zračnog prometa s najvećim ostvarenim kašnjenjem u 2017. godini

Izvor: [15]

Horizontalna učinkovitost leta ima utjecaj na okoliš budući da su emisije štetnih plinova direktno povezane s dodatnom potrošnjom goriva. Horizontalna učinkovitost leta se izražava kao omjer ukupno planirane udaljenosti i prijeđene udaljenosti. Horizontalna učinkovitost leta prema popunjenom planu leta se povećala sa 95,4% na 95,6%, dok se horizontalna učinkovitost leta prema ostvarenim putanjama leta povećala sa 97,1% na 97,3%. Slika 6. prikazuje učinkovitost leta po pojedinim državama unutar područja EUROCONTROL-a [15].

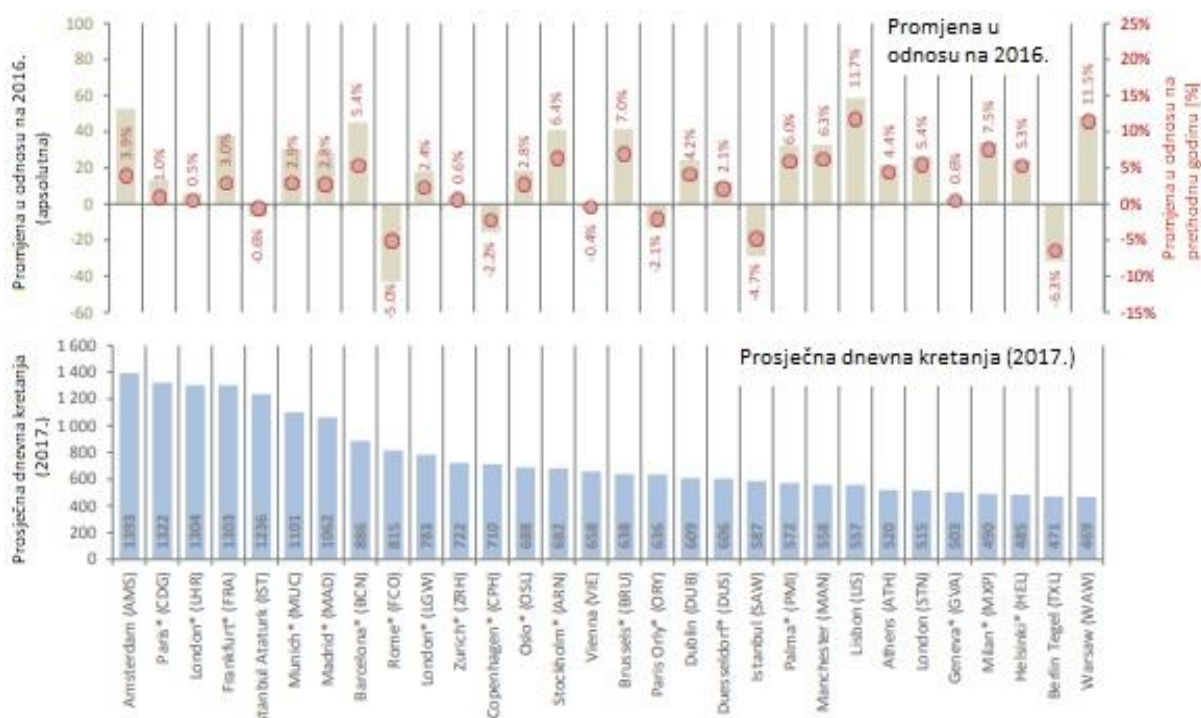


Izvor: [15]

Analiza vertikalne učinkovitosti leta na ruti je pokazala da najveću razinu neučinkovitosti imaju letovi koji su letjeli u parovima zračnih luka s velikom gustoćom prometa. Koncept fleksibilnog korištenja zračnog prostora FUA i bolja civilno-vojna koordinacija su također značajni za poboljšanje kapaciteta i učinkovitosti leta [15].

Pružanje dovoljnog kapaciteta na zračnim lukama je jedan od ključnih izazova za budući rast zračnog prijevoza. Na zračnim lukama ANS najčešće nije glavni uzrok za neuravnoteženost prometnog kapaciteta i potražnje (nepovoljni vremenski uvjeti, političke odluke o rasporedu polijetanja na zračnim lukama, varijacije prometne potražnje, izgled zračne luke). Način na koji se upravlja prometom ima učinak na korisnike zračnog prostora u

vidu utrošenog vremena, potrošnji goriva i troškova, iskorištavanju raspoloživog kapaciteta i zaštiti okoliša.



Slika 7. Varijacije prometa na 30 glavnih zračnih luka u Europi, [15]

Slika 7. pokazuje razvoj prosječnih dnevnih kretanja IFR letova na 30 glavnih zračnih luka u Europi. Te zračne luke zajedno broje 44,1% od ukupnog broja dolazaka unutar područja EUROCONTROL-a u 2017. godini. Na gornjem grafu nalazi se prikaz prosječnih dnevnih kretanja ostvarenih u odnosu na prethodnu godinu izraženi u postotcima. Donji graf pokazuje broj prosječnih dnevnih kretanja za glavne zračne luke u 2017. godini. U prosjeku, kretanja u dolasku i odlasku na 30 glavnih zračnih luka su se povećala za 2,3% usporedno s prethodnom godinom, što odgovara brojcima od 514 dodatnih kretanja svakog dana. Zračna luka Amsterdam je imala za 3,9% više kretanja i ostala je zračna luka s najvećim brojem komercijalnih kretanja unutar područja EUROCONTROL-a. Sedam od 30 glavnih zračnih luka imalo je pad prometa u 2017. godini: Berlin, Rim, Istanbul, Kopenhagen, Pariz i Beč. Najveći rast u odnosu na 2016. godinu zabilježen je na zračnim lukama u Lisabonu i Varšavi, više od 10%. Zračne luke u Milanu, Bruxellesu, Stockholmu, Palmi, Barceloni, Londonu i Helsinkiju zabilježile su znatno povećanje prometa od više od 5%. Broj putnika na 30 glavnih zračnih luka povećao se za 6% [15].

Budući da je većina europskih zračnih luka zasićena tijekom većine dana, smatra se da je dovoljan kapacitet na zračnim lukama jedan od najvećih ograničenja za budući rast prometa u Europi. Zagušene zračne luke kao primarni alat za uravnoteženje kapaciteta i potražnje koriste proces dodjele SLOT-ova već u strateškoj fazi. Kako bi se povećao kapacitet zračnih luka koriste se nove inicijative poput razdvajanja temeljenog na vremenu, poboljšani standardi razdvajanja od vrtložnih struja.

Na temelju promatranja neučinkovitosti izraženih kao ATFM kašnjenje u dolasku i dodatnog ASMA vremena u tokovima dolazaka prometa na 30 glavnih zračnih luka uočeno je da je ostvareno 5,2 milijuna minuta ATFM kašnjenja u dolasku, što je manje za 5,7% u odnosu na prethodnu godinu, i 7,7 milijuna minuta dodatnog ASMA vremena, što je više za 2,4% od prethodne godine [15]. ASMA (*Arrival Sequencing and Metering Area*) područje se definira kao područje u određenom promjeru od zračne luke. Taj promjer najčešće iznosi 40 nautičkih milja, ali može dosegnuti vrijednosti i do 100 nautičkih milja. Stvarno vrijeme koje određeni let utroši između njegove zadnje točke u tom području i stvarnog vremena slijetanja se definira kao ASMA prijelazno vrijeme ili stvarno ASMA vrijeme [16].

Sveukupno 6,5% dolazaka na 30 glavnih zračnih luka imali su kašnjenje uzrokovano ATFM regulacijama na zračnim lukama, što predstavlja više od duplo od EUROCONTROL-ovog prosjeka (3,1% dolazaka). Glavni razlog za ATFM regulacije na zračnim lukama bio je negativan utjecaj vremenskih uvjeta koji je porastao za 4,4% u odnosu na 2016. godinu. Ukupno 52,2% od svih ATFM kašnjenja u dolascima na zračne luke bio je uzrokovan utjecajem vremenskih uvjeta, a slijedili su ga problemi s nedostatkom kapaciteta i osoblja s 40% [15].

Prosječno dodatno ASMA vrijeme u manjoj mjeri se povećalo u 2017. godini. Zračna luka London se izdvaja s prosječnim dodatnim ASMA vremenom od više od 8 minuta po dolasku. Prosječno ATFM kašnjenje na zračnim lukama se na 30 glavnih zračnih luka smanjilo sa 1,36 na 1,25 minuta po dolasku. Najznačajniji napredak bilježi zračna luka Istanbul gdje je ATFM kašnjenje smanjeno za 5,5 minuta u prosjeku. Prosječno kašnjenje po dolasku se znatno povećalo na zračnim lukama Amsterdam, London i Lisabon [15].

Na temelju promatranja neučinkovitosti vezanih za ANS na tokove odlazaka na 30 glavnih zračnih luka, definirane su mjere u obliku dodjeljivanja odlaznog SLOT vremena, dodatnog vremena potrebnog za taksiranje i predodlaznog ATC kašnjenja. Odlazno SLOT vrijeme osigurava da promet ne prijeđe regulirani kapacitet i također povećava predvidljivost ukupnog prometnog toka. Letovi koji su regulirani moraju poletjeti u točno izračunato vrijeme (ATC ima vremensku toleranciju od 15 minuta unutar koje zrakoplovu je dozvoljeno polijetanje). Udio odlazaka reguliranih ATFM mjerama na 30 glavnih zračnih luka nastavio je rasti sa 14,6% do 17,2%. Udio letova reguliranih ATFM mjerama koji polijeću izvan vremenske tolerancije pao je sa 8,1% na 7,2%, što je pozitivna karakteristika za predvidljivost unutar mreže. Prosječno dodatno vrijeme potrebno za taksiranje zrakoplova se u manjoj mjeri smanjilo sa 3,9 na 3,8 minuta po odlasku (isključujući dvije zračne luke u Istanbulu za koje podatci nisu dostupni) [15].

Veliki broj zračnih luka unutar područja EUROCONTROL-a primjenjuje procedure kontinuiranog spuštanja CDO. U prosjeku, 23,4% letova na 30 glavnih zračnih luka primjenjivao je CDO proceduru, dok je proceduru kontinuiranog penjanja primjenjivalo 72,5% letova. Učinkovitost kontinuiranog penjanja i spuštanja ima značajan učinak na potrošnju goriva i emisije štetnih plinova, kao i na razinu buke zrakoplova [15].

3. METODOLOGIJA IZRAČUNA RUTNIH NAKNADA NA RAZINI EUROPSKE UNIJE I NA LOKALNOJ RAZINI DRŽAVE

Rutne naknade u zračnom prometu predstavljaju trošak zrakoplovnim operatorima, koji lete u kontroliranom zračnom prostoru područja EUROCONTROL-a, za korištenje usluga u zračnoj plovidbi prilikom letenja na *en-route* fazi leta.

3.1. Izračun rutnih naknada na razini Europske unije

Zbog osiguranja transparentnosti, učinkovitosti i ostvarivanja jednakih prava, države članice EUROCONTROL-a su uspostavile jedinstveni način obračuna usluga u zračnoj plovidbi. Postoji poseban organizacijski dio EUROCONTROL-a koji je zadužen za izračun i naplatu rutnih naplata, Centralni ured za naplatu rutnih naknada CRCO (*Central Route Charges Office*). Naknada treba biti naplaćena za svaki let koji se izvodi sukladno procedurama propisanih od strane Međunarodne organizacije za civilno zrakoplovstvo ICAO (*International Civil Aviation Organization*) unutar zračnog prostora koji se nalazi pod nadležnosti država članica [17].

3.1.1. Centralni ured za naplatu rutnih troškova CRCO

EUROCONTROL-ov Centralni ured za naplatu rutnih troškova ima sjedište u Bruxellesu i zadužen je za upravljanje troškovima unutar pružanja usluga upravljanja zračnim prometom koje su raspoložive korisnicima zračnog prostora. Funkcija je osnovana 1971. godine kako bi se upravljalo naplatom rutnih naknada za tadašnje države članice. Danas u sustavu naplate rutnih naknada sudjeluje 40 država članica [18].

Glavni cilj CRCO-a jest postići učinkovit sustav za oporavak troškova usluga u zračnom prometu koje su dostupne na korištenje svim korisnicima zračnog prostora. CRCO prikuplja i naplaćuje rutne naknade u korist država članica. Svaki zrakoplovni operator prima račun izražen u eurima na mjesečnoj bazi uzimajući u obzir naplatu za svaki prelet koji je ostvario unutar prostora država članica [19].

Države članice trebaju uspostaviti naplatne zone za rutne naknade unutar zračnog prostora u kojem se pružaju usluge zračne plovidbe korisnicima zračnog prostora koji se nalazi u njihovoj nadležnosti. Naplatne zone se trebaju pružati od razine tla do gornjeg zračnog prostora, uključujući i njega. Države članice mogu uspostaviti posebnu zonu u kompleksnim terminalnim područjima gdje mogu naplaćivati posebne terminalne naknade. U slučaju kada naplatna zona se pruža duž zračnog prostora više od jedne države, države članice trebaju osigurati dosljednost i jednakost u primjeni pravila naplate rutnih naknada [20].

Tablica 1 prikazuje popis država članica koje sudjeluju u sustavu naplate rutnih naknada.

Tablica 1 – Države članice koje sudjeluju u naplati rutnih naknada

Albanija (LA)	Irska (EI)	Norveška (EN)
Armenija (UD)	Njemačka (ED)	Poljska (EP)

Austrija (LO)	Gruzija (UG)	Portugal (LP)
Belgija (EB)	Grčka (LG)	Rumunjska (LR)
Bosna i Hercegovina (LQ)	Mađarska (LH)	Srbija (LY)
Bugarska (LB)	Italija (LI)	Slovačka (LZ)
Hrvatska (LD)	Latvija (EV)	Slovenija (LJ)
Cipar (LC)	Litva (EY)	Španjolska (LE i GC)
Češka (LK)	Luksemburg (EL)	Švedska (ES)
Danska (EK)	Malta (LM)	Švicarska (LS)
Estonija (EE)	Moldavija (LU)	Turska (LT)
Finska (EF)	Monako (LN)	Ukrajina (UK)
Francuska (LF)	Crna Gora (LY)	Ujedinjeno Kraljevstvo (EG)
Makedonija (LW)	Nizozemska (EH)	

Izvor: [19]

3.1.2. Podaci o letu koji se koriste za naplatu

Svaka država članica dostavlja osnovne podatke potrebne za izračun rutnih naknada. Za svaki let opis rute koji se koristi za izračun pređene udaljenosti unutar zračnog prostora države članice je dobiven iz popunjenog plana leta kojeg je dostavio operator, a odobrio mrežni upravitelj NM (Network Manager) [19]. Važno je napomenuti da država mora odvojiti naplatu rutnih naknada od terminalnih naknada. Terminalne naknade se naplaćuju unutar područja oko zračne luke polaska u promjeru od 20 kilometara i unutar područja oko zračne luke dolaska u promjeru od 20 kilometara.

3.1.3. Računovodstvena načela i troškovi

Države članice moraju osigurati da nacionalni pružatelji usluga zračne plovidbe izdaju godišnje financijsko izvješće. Nacionalni ANSP-ovi trebaju identificirati relevantne troškove i prihode za usluge preleta. Rutne naknade trebaju se odraziti na izravno ili neizravno nastale troškove prilikom pružanja usluga preleta, uključujući i EUROCONTROL-ove troškove. Troškovi rutnih usluga financiraju se preko rutnih naknada koje se naplaćuju korisnicima zračnog prostora [20].

Države članice mogu uspostaviti troškove koji nastaju pružanjem rutnih usluga:

- troškovi relevantnih nacionalnih tijela,
- troškovi stručnih organizacija,
- troškovi nastali primjenom međunarodnih sporazuma [20].

Troškovi se mogu razvrstati prema nekoliko kriterija. Troškovi ovisno o prirodi nastanka troškova mogu biti:

- troškovi osoblja,
- ostali operativni troškovi,
- amortizacija,
- trošak kapitala,
- troškovi obnove.

Troškovi osoblja moraju sadržavati bruto plaće, isplate za prekovremeni rad, kao i doprinose za socijalno osiguranje, mirovinu i ostale pogodnosti zaposlenika.

Ostali operativni troškovi moraju sadržavati troškove nabavke robe i usluga za potrebe pružanja rutnih usluga, posebice usluge kao što su vanjski suradnici, materijal, utrošak energije, komunalne usluge, zakup prostora, oprema i postrojenja, održavanje, troškovi osiguranja i putni troškovi. U operativne troškove se ubrajaju:

- troškovi zakupa zemaljskih prijenosnih vodova,
- troškovi zakupa zemljišta, zgrada i drugih objekata uključujući i porez,
- troškovi komunalnih usluga,
- troškovi zakupa komunikacijskih vodova,
- troškovi popravaka i održavanja,
- operativni troškovi druge operativne tehničke podrške,
- troškovi korištenja softvera.

Troškovi amortizacije se odnose na ukupnu dugotrajnu imovinu koja se koristi za pružanje usluga u zračnoj plovidbi. Dugotrajna imovina se amortizira u skladu s očekivanim vijekom trajanja.

Trošak kapitala jednak je umnošku zbroja prosječne neto knjigovodstvene vrijednosti dugotrajne materijalne imovine i prosječne vrijednosti sredstava koja su potrebna za pružanje usluga zračne plovidbe te prosjeka kamatne stope na zajmove i prinose od vlastitog kapitala.

Iznimke se sastoje od neponavljajućih troškova koji se odnose na pružanje rutnih usluga tijekom iste godine.

Troškovi obnove su značajni jednokratni troškovi koji se javljaju u procesu predstavljanja novih tehnologija i procedura [20].

Troškovi ovisno o uslugama mogu se podijeliti na:

- troškove upravljanja zračnim prometom,
- troškovi komunikacijskih usluga,
- troškovi navigacijskih usluga,
- troškovi nadzora,

- troškovi usluge i potrage spašavanja,
- troškovi zrakoplovnih informacija,
- troškovi meteoroloških usluga,
- troškovi nadzora pružatelja usluga zračne plovidbe,
- ostali državni troškovi.

Troškovi komunikacijskih usluga su troškovi koji se odnose na zrakoplovne pokretne i nepokretne mobilne usluge kojima se omogućava komunikacija između zrakoplova u zraku i osoblja na zemlji.

Troškovi navigacijskih usluga predstavljaju troškove usluga koje omogućuju zrakoplovu informacije o poziciji i vremenu.

Troškovi nadzora se odnose na troškove usluga kojima se provjerava točno pozicioniranje zrakoplova u svrhu sigurnog razdvajanja.

Troškovi usluge i potrage spašavanja su oni koji se odnose na usluge praćenja, koordinacije, medicinske pomoći i evakuacije.

Troškovi zrakoplovnih informacija se odnose na usluge uspostavljene unutar definiranog područja koje je zaduženo za prosljeđivanje zrakoplovnih informacija i podataka potrebnih za sigurnost, redovitost i učinkovitost zračne plovidbe.

Troškovi meteoroloških usluga predstavljaju troškove koji nastaju pružanjem informacija o vremenskim uvjetima i drugim meteorološkim informacijama koje su od velike važnosti za sigurnu zračnu plovidbu.

Ostali troškovi uključuju troškove EUROCONTROL-a i, ukoliko se koriste, troškovi međunarodnih ugovora [20].

3.1.4. Izračun rutnih naknada

Rutne naknade se naplaćuju za svaki let koji se izvodi unutar zračnog prostora EUROCONTROL-a. Zračni prostor EUROCONTROL-a je podijeljen na rutne naplatne zone koje definiraju države članice. Svaki zrakoplov koji uđe u zračni prostor naplatne zone unutar područja EUROCONTROL-a podliježe jedinstvenom sustavu izračuna rutnih naknada. Jedinstvena rutna naknada jednaka je zbroju naknada za pojedinačne naplatne zone kroz koje je zrakoplov letio:

$$R = \sum_n r_i,$$

gdje je

R – jedinstvena rutna naknada,

r_i – naknada za pojedinačne naplatne zone.

Naknada za pojedinačnu naplatnu zonu računa se prema sljedećoj formuli:

$$r_i = t_i * N_i,$$

t_i – jedinična naknada,

N_i – broj jediničnih usluga koje odgovaraju pojedinom letu.

Za svaki pojedini let broj jediničnih usluga računa se množenjem duljine leta i faktora mase za taj let:

$$N_i = d_i * p,$$

d_i – faktor duljine leta,

p – faktor mase zrakoplova [17].

Rutne naknade unutar područja EUROCONTROL-a se računaju koristeći tri osnovna elementa:

- faktor duljine leta (za svaku naplatnu zonu),
- faktor težine zrakoplova,
- jedinična cijena naknade (za svaku naplatnu zonu).

Rezultat koji se dobije množenjem ova tri elementa jest vrijednost rutne naknade po naplatnoj zoni. Ovaj postupak se mora ponoviti za svaku naplatnu zonu koji je zrakoplov preletio [19].

3.1.4.1. Faktor duljine leta

Faktor duljine leta za naplatnu zonu se dobije dijeljenjem sa brojem 100, brojem kilometara ortodromske udaljenosti između aerodroma polijetanja ili ulazne točke u naplatnu zonu i aerodroma slijetanja ili izlazne točke iz naplatne zone. Ovaj postupak se ponavlja za svaku naplatnu zonu koju zrakoplov preleti. Ulazne i izlazne točke u kojima se bočne granice naplatne zone križaju sa rutom opisanom u posljednjem podnesenom planu leta. Plan leta mora sadržavati bilo koju promjenu napravljenu od strane operatora, kao i bilo koju promjenu odobrenu od strane operatora nakon poduzetih ATFM mjera.

Faktor duljine leta za letove koji se izvode unutar jedne naplatne zone se računa u odnosu na ortodromsku udaljenost između aerodroma polijetanja i slijetanja. Za letove koji završavaju na aerodromu s kojeg je zrakoplov i poletio i za kojeg nije bilo međuslijetanja, i za kojeg najudaljenija točka od aerodroma se nalazi u naplatnoj zoni, faktor duljine leta se određuje u odnosu na najudaljeniju točku od aerodroma.

Za svako polijetanje i slijetanje u naplatnoj zoni izuzima se vrijednost od 20 kilometara od ukupne udaljenosti za tu naplatnu zonu prilikom računanja faktora duljine leta zbog terminalnih naknada [19].

3.1.4.2. Faktor težine zrakoplova

Faktor težine zrakoplova se izražava na dvije decimale i određuje se dijeljenjem maksimalne težine zrakoplova prilikom polijetanja MTOW (*Maximum Take-Off Weight*) sa brojem 50,

$$p = \sqrt{\frac{MTOW}{50}}.$$

Korisnici zračnog prostora su dužni informirati EUROCONTROL-ov Centralni ured za naplatu rutnih troškova o sastavu njihove flote. Deklaracija o sastavu flote mora uključivati sve zrakoplove koji su se koristili, čak i zrakoplovi koji su bili posuđeni od druge kompanije. Korisnici zračnog prostora su također dužni obavijestiti EUROCONTROL-ov Centralni ured za naplatu rutnih troškova o bilo kojoj promjeni vezanoj za sastav flote ili o najvećoj dopuštenoj težini zrakoplova prilikom polijetanja.

Za svaki zrakoplov korisnik treba prijaviti:

- registracijsku oznaku zrakoplova,
- tip zrakoplova (osnovni tip) prema tipu oznaka zrakoplova iz najnovijeg izdanja ICAO-vog dokumenta 8643,
- verziju u okviru tipa,
- konstrukcijski broj,
- točno propisanu maksimalnu težinu zrakoplova prilikom polijetanja u kilogramima koja je obrazložena u priručniku za let zrakoplova,
- način rada „S“ zapisan u heksadecimalnom zapisu.

Kada CRCO dobije sve informacije, računa se faktor težine na temelju prosječne težine svih zrakoplova osnovnog tipa koje operator koristi [19].

3.1.4.3. Jedinična cijena naknade

Jedinična cijena naknade predstavlja naknadu izraženu u eurima koja se koristi u naplatnim zonama za let zrakoplovom od 50 metričkih tona (faktor težine zrakoplova 1,00) i za faktor duljine leta 1,00. Jedinične cijene vrijede od 1. siječnja obračunavajuće godine [19].

Tablica 2 prikazuje prilagođene jedinične cijene rutnih naknada koje vrijede za srpanj u 2017. godini, kao i iznos u protiv vrijednostima za države koje nisu članice europske ekonomske i monetarne unije EMU (*Economic and Monetary Union*) [21]. Korišteni su podaci iz navedene tablice iz razloga što se analiza koja je obrađena u poglavljima poslije odnosila na uzorak prometa promatranog dana 28.7.2017. godine.

Tablica 2 – Jedinične cijene rutnih naknada za države članice EUROCONTROL područja

Naplatna zona	Jedinična cijena EUR	Primijenjeni tečaj 1 EUR =
Portugal-Santa Maria	10,06	/
Belgija / Luksemburg	67,53	/
Njemačka	69,43	/
Estonija	28,53	/
Finska	56,30	/
Ujedinjeno Kraljevstvo	73,68	0,876823 GBP
Nizozemska	66,33	/
Irska	29,61	/
Danska	60,63	7,43518 DKK
Norveška	45,33	9,50219 NOK
Poljska	44,10	4,21186 PLN
Švedska	59,66	9,74484 SEK
Latvija	27,53	/
Litva	44,49	/
Španjolska-Kanarski otoci	58,43	/
Albanija	51,25	132,637 ALL
Bugarska	26,97	1,95546 BGN
Cipar	34,39	/
Hrvatska	46,87	7,40796 HRK
Španjolska	71,76	/
Francuska	67,07	/
Grčka	30,02	/
Mađarska	35,45	308,045 HUF

Italija	80,07	/
Slovenija	64,67	/
Češka	43,33	26,2340 CZK
Malta	18,86	/
Austrija	72,78	/
Portugal-Lisabon	40,19	/
Bosna i Hercegovina	43,30	1,95456 BAM
Rumunjska	32,72	4,57002 RON
Švicarska	104,80	1,08710 CHF
Turska	23,59	3,95299 TRY
Moldavija	62,52	20,3786 MDL
Makedonija	52,16	61,3600 MKD
Srbija / Crna Gora / Kosovo	34,77	121,783 RSD
Slovačka	52,61	/
Armenija	38,90	539,790 AMD
Gruzija	22,73	2,69964 GEL

Izvor: [21]

3.1.5. Izuzeci od plaćanja rutnih naknada

EUROCONTROL propisuje pojedine letove koji se izuzimaju od plaćanja rutnih naknada. Postoje dvije skupine letova koji se oslobađaju od plaćanja rutnih naknada.

U prvu skupinu spadaju letovi koje sve države članice trebaju obavezno izuzeti:

- letovi koje izvide zrakoplovi s maksimalnom dopuštenom težinom zrakoplova prilikom polijetanja koja je manja od dvije metričke tone,
- letovi koji se izvide isključivo radi prijevoza, posebne misije vladajućeg monarha i članova njegove uže obitelji, predsjednika država, predsjednika vlada i ministara,
- letovi koji se obavljaju u svrhu potrage i spašavanja odobrenih od odgovarajućeg tijela [17].

U drugu skupinu spadaju:

- vojni letovi koje izvodi vojni zrakoplov bilo koje države,
- letovi u svrhu vježbe koji se izvode isključivo za svrhe dobivanja dozvole kada je to potvrđeno odgovarajućom naznakom u planu leta,
- letovi koji se izvode isključivo za svrhe provjere i testiranja opreme koja se koristi ili planira koristiti kao zemaljska pomoć za navigaciju,
- letovi koji završavaju na aerodromu s kojeg je zrakoplov i poletio i za kojeg nije bilo međuslijetanja,
- letovi koji se izvode isključivo prema pravilima vizualnog letenja unutar naplatne zone,
- humanitarni letovi odobreni od strane odgovarajućeg tijela,
- carinski i policijski letovi [17].

3.2. Izračun rutnih naknada na razini Republike Hrvatske

Republika Hrvatska u sklopu Ministarstva pomorstva, prometa i infrastrukture je donijela Pravilnik o utvrđivanju rutnih i terminalnih naknada kojim se utvrđuje okvir za provedbu Uredbe Komisije 1794/2006 kojom je utvrđen zajednički način obračuna naknada za usluge u zračnoj plovidbi. Ovaj pravilnik osigurava provedbu Sustava rutnih naknada propisanog od strane EUROCONTROL-a te međunarodnih sporazuma koji obvezuju Republiku Hrvatsku [22].

Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo (HACZ) je proglašena nacionalnim nadzornim tijelom u Republici Hrvatskoj te ona, u suradnji s pružateljem usluga u zračnoj plovidbi, Hrvatskom kontrolom zračne plovidbe (HKZP), organizira konzultacije s predstavnicima korisnika zračnog prostora. U cilju provedbe odredbi ovog Pravilnika, HACZ je nadležna za provođenje nadzora i inspekcije [22].

3.2.1. Izračun rutnih naknada

Zona obračuna rutnih naknada u Hrvatskoj je područje letnih informacija Zagreb, FIR (*Flight Information Region*) Zagreb. Hrvatska može uspostaviti naplatne zone za rutne naknade unutar zračnog prostora u kojem se pružaju usluge zračne plovidbe korisnicima zračnog prostora koji se nalazi u njenoj nadležnosti. Naplatne zone se trebaju pružati od razine tla do gornjeg zračnog prostora, uključujući i njega [22].

Rutne naknade se obračunavaju u skladu s formulom iz Uvjeta primjene sustava rutnih naknada koju je donio EUROCONTROL. Pružatelji usluga zračne plovidbe su dužni HACZ-u dostaviti prijedlog svoje preliminarne baze troškova koji se nadoknađuju iz rutnih naknada. Nakon zaprimanja prijedloga preliminarne baze troškova, HACZ je dužna na temelju prijedloga utvrditi prijedlog konsolidirane baze troškova rutnih naknada te prijedlog jedinstvene jedinične cijene rutnih naknada. Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo dostavlja konsolidirane podatke EUROCONTROL-u i Europskoj komisiji. Pružatelji usluga zračne plovidbe su dužni izraditi i dostaviti HACZ-u prijedlog svoje konačne baze troškova

koji se nadoknađuju iz rutnih naknada. Nakon zaprimanja prijedloga konačne baze troškova, HACZ ga je dužna analizirati radi utvrđivanja transparentnosti iskazanih troškova. Nakon provedene analize HACZ donosi prijedlog konačne konsolidirane baze troškova i prijedlog konačne jedinstvene jedinične cijene rutnih naknada. HACZ je dužna konsolidirane podatke dostaviti EUROCONTROL-u i Europskoj komisiji u propisanim rokovima. Nakon što komisija EUROCONTROL-a donese konačnu odluku kojom se odobravaju jedinične cijene rutnih naknada i konačnu odluku o kamatnoj stopi na zakašnjela plaćanja rutnih naknada pokreće se objava donesenih odluka. Zatim HACZ određuje pojedinačne udjele svakog subjekta u ukupnim prihodima od rutnih naknada [22].

Jedinična cijena rutnih naknada za korištenje usluga u zračnoj plovidbi unutar zračnog prostora FIR Zagreb, prema EUROCONTROL-ovom dokumentu o visini rutnih naknada objavljenom u srpnju 2017. godine, iznosi 46,87 EUR (347,211 HRK) bez uračunate cijene administrativne naknade EUROCONTROL-a.

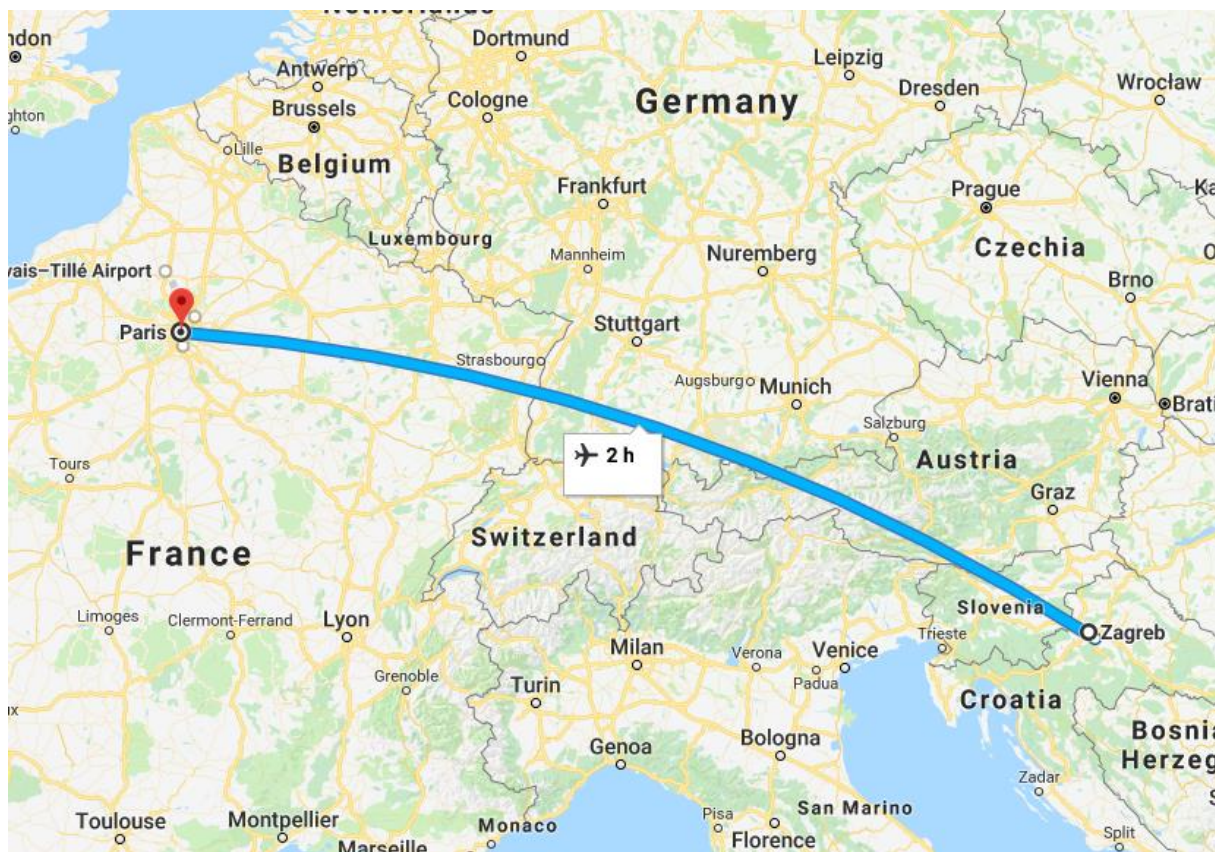
3.2.2. Izuzeci od plaćanja rutnih naknada

U Republici Hrvatskoj vrijede već spomenuti propisi EUROCONTROL-a kojim se izuzimaju pojedini letovi od plaćanja rutnih naknada. Uz prvu i drugu skupinu letova, navedenih Uvjetima primjene sustava rutnih naknada EUROCONTROL-a, unutar područja Republike Hrvatske izuzetak od plaćanja rutnih naknada primjenjuje se i za sve mješovite VFR/IFR letove u naplatnim zonama u kojim se isti obavljaju isključivo prema VFR pravilima i gdje se za VFR letove ne naplaćuje nikakva naknada [23].

3.3. Primjer izračuna rutnih naknada za određeni let

Za primjer leta na temelju kojeg će biti izračunate rutne naknade uzet je let iz Zagreba za Pariz sa zrakoplovom tipa Airbus 319. Na slici 8. može se vidjeti planirana najkraća ruta zrakoplova. Iz slike je vidljivo da zrakoplov, da bi stigao do odredišne zračne luke, mora proći kroz nekoliko naplatnih zona:

1. Hrvatska,
2. Slovenija,
3. Austrija,
4. Njemačka,
5. Francuska.



Slika 8. Najkraća zračna udaljenost između Zagreba i Pariza, [24]

Za tip zrakoplova kojim se letjelo, Airbus 319, maksimalna težina zrakoplova prilikom polijetanja MTOW iznosi 64 tone. Taj podatak je potreban kako bi se izračunao potreban faktor težine zrakoplova pomoću formule

$$p = \sqrt{\frac{MTOW}{50}},$$

koji iznosi 1,13. Prijeđeni put, odnosno udaljenosti, u prvoj i zadnjoj naplatnoj zoni su umanjene za iznos od 20 kilometara zbog toga što taj prostor pripada naplati za terminalne usluge. Budući da zrakoplov prelijeće preko nekoliko naplatnih zona, računaju se rutne usluge za svaku naplatnu zonu pojedinačno, a ukupan iznos rutnih naknada za ovaj let jer zbroj iznosa rutnih naknada za svaku zonu zasebno.

U tablici 3 nalazi se prikaz izračuna rutnih naknada za navedeni let prema formulama za izračun rutnih naknada koje su navedene u poglavlju 3.1.4. Vrijednosti u tablicama su približno izračunate.

Tablica 3 – Izračun rutnih naknada za određeni let

	Država	Udaljenost (km)	Udaljenost potrebna za izračun (km)	Faktor duljine leta d_i	Broj jediničnih usluga N_i	Jedinična naknada t_i EUR	Pojedinačna rutna naknada r_i EUR
1	Hrvatska	35	15	0,15	0,1695	46,87	7,94
2	Slovenija	117	117	1,17	1,3221	64,67	85,50
3	Austrija	257	257	2,57	2,9041	72,78	211,36
4	Njemačka	287	287	2,87	3,2431	69,43	225,17
5	Francuska	398	378	3,78	4,2714	67,07	286,48
UKUPNO			1054				816,45 EUR

4. INDIKATORI UTJECAJA NA OKOLIŠ

Kako okoliš predstavlja jedno od ključnih područja učinkovitosti i utjecaj koje zrakoplovstvo ima na okoliš je od velikog značaja, potrebno je taj utjecaj mjeriti i pratiti kako bi se štetan utjecaj smanjio na najmanju moguću mjeru. Zbog toga su se odredili ključni pokazatelji učinkovitosti KPI-ovi (*Key Performance Indicator*) kojima se mjeri upravo taj utjecaj na okoliš. Svakom ključnom području učinkovitosti odgovara jedan ili više ključnih pokazatelja učinkovitosti. Učinkovitost usluga u zračnoj plovidbi se ocjenjuje pomoću definiranih ciljeva za svaki od ključnih pokazatelja učinkovitosti.

Ključni pokazatelji učinkovitosti KPI-ovi su specifični i mjerljivi pokazatelji pomoću kojih možemo odrediti kvalitetu usluge u kontroli zračne plovidbe, a dopuštaju alokaciju odgovornosti kako bi se ostvarili ciljevi performansi. Upotrebljavaju se za postavljanje cilja učinkovitosti, predloženi strateški ciljevi učinkovitosti SES-a prikazuju optimistične političke ciljeve SES-a pomoću KPI-a te se temelje na trenutnoj procjeni porasta prometa [3].

Osim ključnih pokazatelja učinkovitosti, države mogu uspostaviti i koristiti dodatne pokazatelje učinkovitosti te povezane ciljeve u svrhu vlastitog praćenja učinkovitosti ili kao dio planova mjerenja učinkovitosti. Dodatni pokazatelji moraju podržavati postizanje ciljeva na razini cjelokupne Europske unije. Dodatni pokazatelji i ciljevi mogu biti popraćeni primjerenim mehanizmima poticaja donesenih na nacionalnoj razini ili na razini funkcionalnog bloka zračnog prostora [25].

Zrakoplovstvo doprinosi klimatskim promjenama, buci i utječe na kvalitetu okolnog zraka, te time utječe na zdravlje i kvalitetu života europskih stanovnika. Današnji zrakoplovi su znatno tiši i proizvode manja zagađenja okoliša, međutim stopa poboljšanja se nije zadržala zbog ogromnog porasta zračnog prometa te postojanjem više zrakoplova koji zagađuju okoliš. Pretpostavlja se da će se stalan trend povećanja zračnog prometa nastaviti što predstavlja izazov za očuvanje okoliša. Zbog toga se može reći da je budući rast zrakoplovnog sektora u Europi usko povezan s ekološkom održljivošću. Istraživanje i razvoj inovativnih i ekološko-održivih rješenja osigurava ekonomsku mogućnost za europski zračni sektor koji predstavlja važan čimbenik konkurencije u europskoj ekonomiji. Veliki niz mjera je već implementiran unutar Europe za rješavanje ovog pitanja. Taj niz mjera nije ograničen, a mjere koje se već provode su unutar područja:

- tehnologije i dizajna,
 - smanjenje zrakoplovne buke i štetnih plinova kroz europske istraživačke programe, poput *Clean Sky*, i ekološke tehničke standarde,
- upravljanja zračnim prometom i operacijama,
 - okvir EU jedinstvenog europskog neba SES,
 - SESAR ATM istraživački program,
 - modernizacija ATM sustava,
 - optimizacija korištenja zračnog prostora i operacija zrakoplova,
- zračnih luka,
 - sudjelovanje u programu akreditacije ugljika na zračnim lukama,

- certificirani sustavi upravljanja okolišom i kvalitetom,
- uravnotežen pristup upravljanju zrakoplovnom bukom,
- tržišne mjere,
 - internalizacija vanjskih troškova putem europskog sustava trgovanja emisijama EU ETS (*EU Emissions Trading System*) i preko programa naknada za zračne luke
- održivih alternativnih goriva,
 - razvoj novih održivih goriva s ciljem poboljšanja kvalitete zraka, usporavanja klimatskih promjena i preinakom energetske opskrbe,
- prilagodba zrakoplovstva na klimatske promjene,
 - aktivnosti unutar zrakoplovnog sektora za prilagodbu i razvoj otpornosti na trenutne i buduće utjecaje klimatskih promjena [25].

Kako je u ranijem poglavlju bilo navedeno, odgovornost zrakoplovne industrije jeste minimalizirati štetan utjecaj koji zrakoplovstvo ima na okoliš, a taj utjecaj se može podijeliti na utjecaj:

- globalnih klimatskih promjena,
- kvalitete okolnog zraka,
- buke.

4.1. Utjecaj globalnih klimatskih promjena

Motori zrakoplova ispuštaju različite zagađivače od kojih je ugljikov dioksid CO₂ najznačajniji staklenički plin koji utječe na klimatske promjene. Učinci globalnih klimatskih promjena će imati utjecaj na Europu na mnogo načina, uključujući promjene prosječnih i ekstremnih temperatura i količine padalina, toplija mora, veća razina mora te zadržavanje snijega i leda na površinama zemlje i mora. Ove promjene su već utjecale na ekosustave, socijalno-ekonomske sektore i ljudsko zdravlje, i njihov učinak će nastaviti rasti [26].

U kontekstu međunarodnog napora da ograniče klimatske promjene, Europska unija se obvezala smanjiti emisije stakleničkih plinova za:

- najmanje 20% u 2020. godini u odnosu na razine iz 1990. godine,
- 40% u 2030. godini u odnosu na razine iz 1990. godine.

Očekuje se da će sektor prometa doprinijeti ovim ciljevima kroz smanjenje emisija stakleničkih plinova za:

- 20% u 2030. godini u odnosu na razine iz 2008. godine,
- 70% u 2050. godini u odnosu na razine iz 2008. godine.

Ove obveze se podupiru s nizom mjera, kao što su uključivanje u sustav trgovanja emisijama EU ETS unutar zrakoplovnog sektora i razvoj CO₂ standarda za zrakoplove [26].

4.2. Utjecaj kvalitete okolnog zraka

Lokalno i regionalno zagađenje zraka je glavni ekološki čimbenik koji uzrokuje ranu smrt u Europi. Ono povećava učestalost širokog spektra bolesti i oštećuje vegetaciju i ekosustav. Takvi učinci predstavljaju stvarni ekonomski gubitak za Europu u odnosu na njene prirodne sustave, poljoprivredu, produktivnost njene radne snage i zdravlje građana. Dva važna zagađivača zraka koji se odnose na zrakoplovstvo su:

- dušikovi oksidi NO_x,

koji se emitiraju prilikom izgaranja goriva i mogu dovesti do stvaranja drugih zagađivača zraka koji štete zdravlju, kao što su čestice iz zraka i prizemni ozon. Također mogu uzrokovati zakiseljavanje i eutrofikaciju vode i tla, i predstavljaju ulogu indirektnog stakleničkog plina koji može doprinijeti stvaranju ozonskih rupa u atmosferi.

- čestice u zraku,

koje su jedan od najštetnijih zagađivača za zdravlje, budući da prodiru u osjetljiva područja dišnog sustava i mogu uzrokovati pogoršanje kardiovaskularnih i plućnih bolesti, kao i karcinome. Europska legislativa za zagađivanje zraka prati dvosmjerni pristup implementaciji standarda za kvalitetu lokalnog zraka i kontroli smanjenja emisija pri izvoru (npr. emisije motora i standardi kvalitete goriva). Obvezujuća nacionalna ograničenja za emisije najvažnijih zagađivača također su uspostavljena u Europskoj uniji, ali ne zahvaćaju sve zrakoplovne aktivnosti [26].

4.3. Utjecaj buke

Buka nastaje prometnim i industrijskim aktivnostima na zemlji i u zraku. To je sveprisutan zagađivač koji direktno utječe na zdravlje ljudi i životinjskog svijeta koji su izloženi utjecaju buke u smislu fizičkog, mentalnog i socijalnog blagostanja. Populacije izložene velikim razinama buke mogu biti izloženi reakcijama stresa, promjenama u spavanju i kliničkim simptomima kao što su hipertenzija i kardiovaskularne bolesti. Svi navedeni učinci su jako štetni i mogu doprinijeti ranoj smrti [26].

Direktiva o zaštiti buke u okolišu i uredba o uravnoteženom pristupu upravljanja bukom su opsežni zakonodavni dokumenti Europske unije pomoću kojih se prati buka u okolišu i poduzimaju određene mjere za upravljanje bukom. Države članice primjenjuju zajedničke kriterije za mapiranje buke, kao i za razvoj i implementaciju izvršnih planova kako bi se smanjila izloženost buci u velikim gradovima i mjestima koja su blizu velikih prometnih infrastruktura [26].

4.4. Ključni pokazatelji učinkovitosti okoliša

Kao i za svako ključno područje učinkovitosti, za područje učinkovitosti okoliša definirani su pokazatelji kako bi se mogli mjeriti i pratiti ciljevi definirani za zaštitu i

smanjenje negativnih učinaka okoliša. Definirani glavni cilj programa SES jest omogućiti smanjenje od 10% negativnih učinaka koje zrakoplovi imaju na okoliš.

Kako bi ključni pokazatelj učinkovitosti bio koristan, mora postojati vrijednost koja će služiti kao referentna vrijednost s kojom će se uspoređivati izmjereni rezultati. Ta referentna vrijednost dobivena je mjerenjem ključnog pokazatelja učinkovitosti u određenom vremenskom razdoblju, koje odgovara vremenskom okviru odabranom za ključnog pokazatelja učinkovitosti. Na temelju toga donesena je odluka na razini Europske unije o uvođenju referentnih razdoblja, od kojih će prvo trajati tri godine, od 2012. do 2014. godine uključujući i nju. Svako od sljedećih referentnih razdoblja mora obuhvaćati pet kalendarskih godina, ukoliko se ne odluči drugačije. Propisano je da se referentno razdoblje mora primjenjivati na ciljeve učinkovitosti na nacionalnoj razini ili na razini funkcionalnog bloka zračnog prostora. To je omogućilo provjeru sustava tijekom prvog referentnog razdoblja te da se na temelju pokazatelja donesu odluke o određenim promjenama ukoliko su potrebne [25].

Ključni pokazatelji učinkovitosti okoliša kojima se nastoji postići glavni cilj SES-a su:

- horizontalna učinkovitost leta HFE (*Horizontal Flight Efficiency*),
 - prosječna horizontalna učinkovitost leta stvarnih putanja zrakoplova ostvarenih na rutnom segmentu leta KEA (*Key performance Environment indicator based on Actual trajectory*),
 - prosječna horizontalna učinkovitost leta putanje zrakoplova prema zadnje popunjenom planu leta ostvorenoj na rutnom segmentu leta KEP (*Key performance Environment indicator based on last filed flight Plan*),
- specifične usluge zračne plovidbe na zračnim lukama koje se odnose na probleme okoliša – emisije CO₂ [3].

Dodatni pokazatelji učinkovitosti okoliša su:

- učinkovitost implementacije procedura za fleksibilnu uporabu zračnog prostora FUA,
- stupanj planiranja korištenja kondicionalnih ruta CDR (*Conditional Route*) koji se definira kao omjer broja zrakoplova koji su planirali korištenje CDR rute i broja zrakoplova koji su mogli planirati korištenje CDR rute,
- efektivno korištenje CDR rute koje se definira kao omjer broja zrakoplova koji su koristili CDR rutu i broja zrakoplova koji su mogli koristiti CDR rutu [3].

4.5. Horizontalna učinkovitost leta HFE

Kao jedan od najvažnijih ključnih pokazatelja učinkovitosti okoliša izdvaja se horizontalna učinkovitost leta. Ona predstavlja razliku između duljine putanje ostvarene na rutnom segmentu leta i najkraće udaljenosti između točaka, koja je u prosjeku velika kružnica [27].

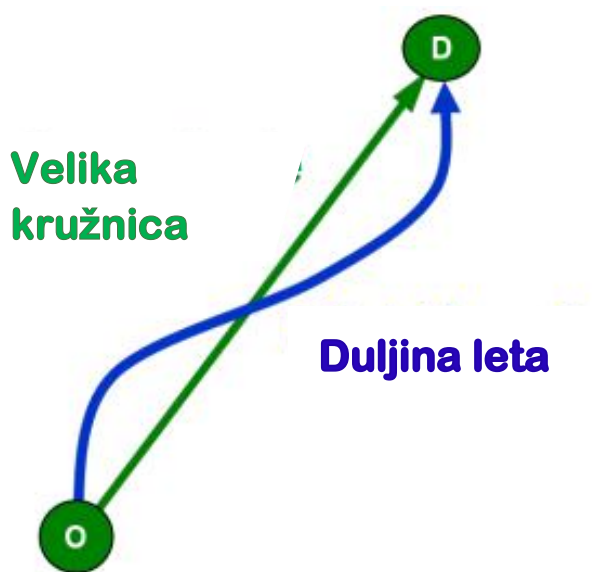
Rutni dio leta definira se kao udaljenost koju zrakoplov preleti izvan kruga polumjera 40 nautičkih milja oko zračne luke.

Letovi koji se razmatraju za ovaj pokazatelj su:

- svi komercijalni IFR letovi unutar zračnog prostora Europe,
- ako je polazna ili odredišna destinacija leta izvan europskog zračnog prostora, u obzir se uzima samo onaj dio leta koji je dio zračnog prostora Europe.

Također su isključeni kružni letovi i letovi kod kojih je udaljenost velike kružnice između terminalnih područja manja od 80 nautičkih milja [3].

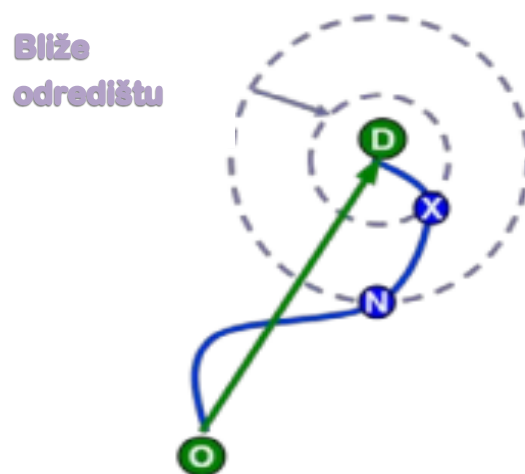
Slika 9. pobliže prikazuje horizontalnu učinkovitost leta, odnosno razliku između stvarne putanje leta i optimalne putanje, velike kružnice.



Slika 9. Prikaz horizontalne učinkovitosti leta

Izvor: [27]

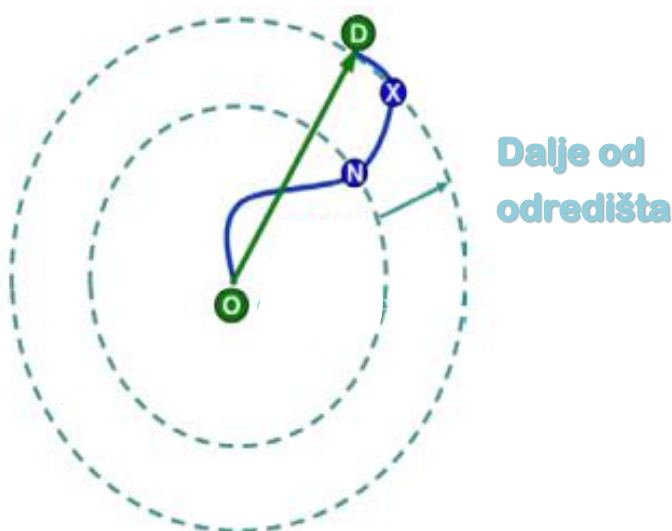
Postignuta udaljenost je prosjek dvije veličine. Prva veličina uzima u obzir koliko je bliže odredištu putanja od ulazne točke u područje do izlazne točke iz područja. To se može izračunati kao razlika između udaljenosti velike kružnice od ulazne točke N do odredišta D i udaljenosti velike kružnice od izlazne točke X do odredišta D kako je vidljivo na slici 10.



Slika 10. Prvi način izračuna postignute udaljenosti

Izvor: [27]

Druga veličina uzima u obzir koliko je dalje putanja od polazišta od ulazne točke u područje do izlazne točke iz područja. U ovom slučaju uloge ulazne točke N i izlazne točke X su zamijenjene i veličina se računa kao razlika između udaljenosti velike kružnice od polazišta O i izlazne točke X i udaljenosti velike kružnice od polazišta O i izlazne točke N kako je vidljivo na slici 11.



Slika 11. Drugi način izračuna postignute udaljenosti

Izvor: [27]

Razmatrajući dvije određene točke duž putanje (npr. ulazna točka N i izlazna točka X) zajedno s polazištem O i odredištem D, formula kojom se računa postignuta udaljenost glasi:

$$\frac{1}{2}(ND - XD + OX - ON),$$

gdje su sve udaljenosti između točaka računate kao udaljenosti velikih kružnica.

Kada se odrede polazište i odredište leta, koristeći postignute udaljenosti moguće je izračunati vrijednost pokazatelja između bilo koje dvije točke putanje leta. Važno je napomenuti da je učinkovitost leta prosječna mjera gdje se za prosjek uzimaju udaljenosti, a ne letovi. Ovo je posebno korisno gledajući s tri specifična aspekta:

- mjerenje učinkovitosti leta ostvarene na rutnom segmentu leta;

Pokazatelj razmatra učinkovitost leta na rutnom segmentu leta koja je definirana kao mjera koja isključuje 40 nautičkih milja oko zračnih luka. Mjerenje ne započinje sve dok putanja po prvi put ne siječe krug promjera 40 nautičkih milja oko zračne luke odlaska, a završava kada putanja zadnji put presiječe krug promjera 40 nautičkih milja oko zračne luka dolaska.

- mjerenje lokalne neučinkovitosti;

Pokazatelj koji se temelji na postignutim udaljenostima je detaljno definiran čak i kada direktne rute između polazišta i odredišta ne sijeku lokalno područje. Također je definiran izlazak putanje iz lokalnog područja i ponovni ulazak u njega (mjerenja su nezavisna).

- mjerenje neučinkovitosti kada putanja nije potpuna;

Mjerenje je detaljno definirano za svaki dio putanje i ne zahtijeva potpunu putanju.

Kada se promatra određeni let uvijek je moguće let razložiti u nekoliko dijelova od kojih neki se ne uzimaju u obzir za izračun pokazatelja. Svaki dio može biti pripisan određenom području mjerenja (npr. država, FAB, SES područje). Pokazatelj se izražava kao omjer duljine putanja i postignutih udaljenosti:

$$HFE_j = \frac{\sum L_{fjp} - \sum H_{fjp}}{\sum H_{fjp}} \% = \left(\frac{\sum L_{fjp}}{\sum H_{fjp}} - 1 \right) \%,$$

gdje je

L – duljina putanje

H – postignuta udaljenost

f – let

j – zračni prostor

p – dio zračnog prostora koji se razmatra.

Pokazatelj horizontalne učinkovitosti leta ostvarene na rutnom segmentu leta za područje j se dobije zbrajanjem vrijednosti svih letova f i svih dijelova rute p unutar područja [27].

Ne postoji razlika u metodologiji koja se koristi za izračun vrijednosti KEA i KEP pokazatelja. KEP pokazatelj predstavlja horizontalnu učinkovitost leta koji u obzir uzima

putanju koristeći podatke prema zadnjem ispunjenom planu leta, dok KEA pokazatelj koristi stvarne putanje generirane putem radarskih podataka [27].

5. PRIMJENA PROGRAMA NEST ZA ODREĐIVANJE RUTNIH NAKNADA I INDIKATORA UTJECAJA NA OKOLIŠ ZA ZADANI PROMET

NEST (*Network Strategic Tool*) predstavlja samostalnu računalnu aplikaciju za planiranje mrežnog kapaciteta i dizajna zračnog prostora koju koristi Upravitelj mreže (*Network Manager*) unutar EUROCONTROL-a, kao i pružatelji usluga zračne plovidbe ANSP-ovi kao alat za:

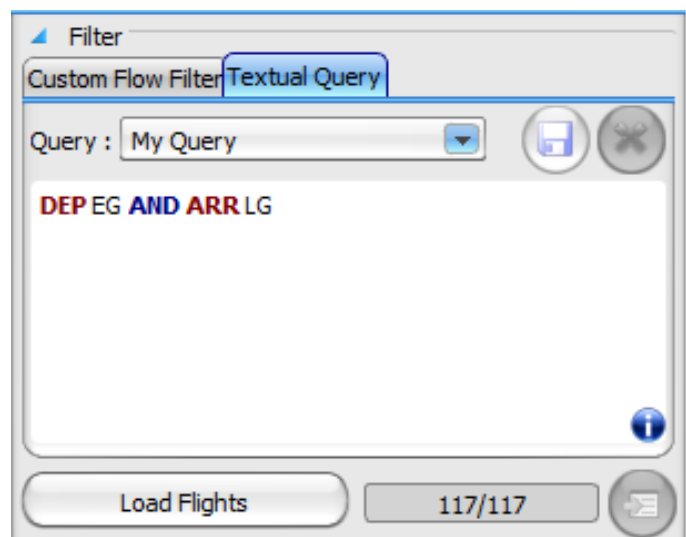
- dizajniranje i razvoj strukture zračnog prostora,
- planiranje kapaciteta i izvođenje analiza temeljenih na prošlim operacijama,
- organiziranje tokova prometa unutar ATFCM (*Air Traffic Flow and Capacity Management*) strateške faze,
- priprema scenarija za podršku brzih simulacija i simulacija u stvarnom vremenu,
- „ad-hoc“ istraživanja na lokalnim i mrežnim razinama.

NEST se koristi za optimiziranje raspoloživih sredstava i poboljšanje performansi na razini mreže. NEST pruža intuitivno i planski orijentirano sučelje koje ima male zapreke za nove korisnike. NEST se može koristiti na lokalnoj razini centara oblasne kontrole ACC-ova ili zračnih luka, kao i na globalnoj razini za strateško planiranje na razini cijele mreže. Za analizu ovoga rada korištena je inačica alata NEST 1.6 [28].

U ovom poglavlju objašnjen je postupak kojim se pomoću programa NEST kao konačan rezultat dobiju podaci iz kojih se mogu iščitati duljine najjeftinijih ruta i duljine najkraćih ruta iskazane u nautičkim miljama potrebne za analizu ovoga rada. Analiza se vršila na temelju podataka o prometu za dan 28.7.2017. godine. Postupak dobivanja konačnog rezultata potrebnog za usporedbu najjeftinijih i najkraćih ruta se sastoji od nekoliko koraka:

1. filtriranje podataka koji će se promatrati;

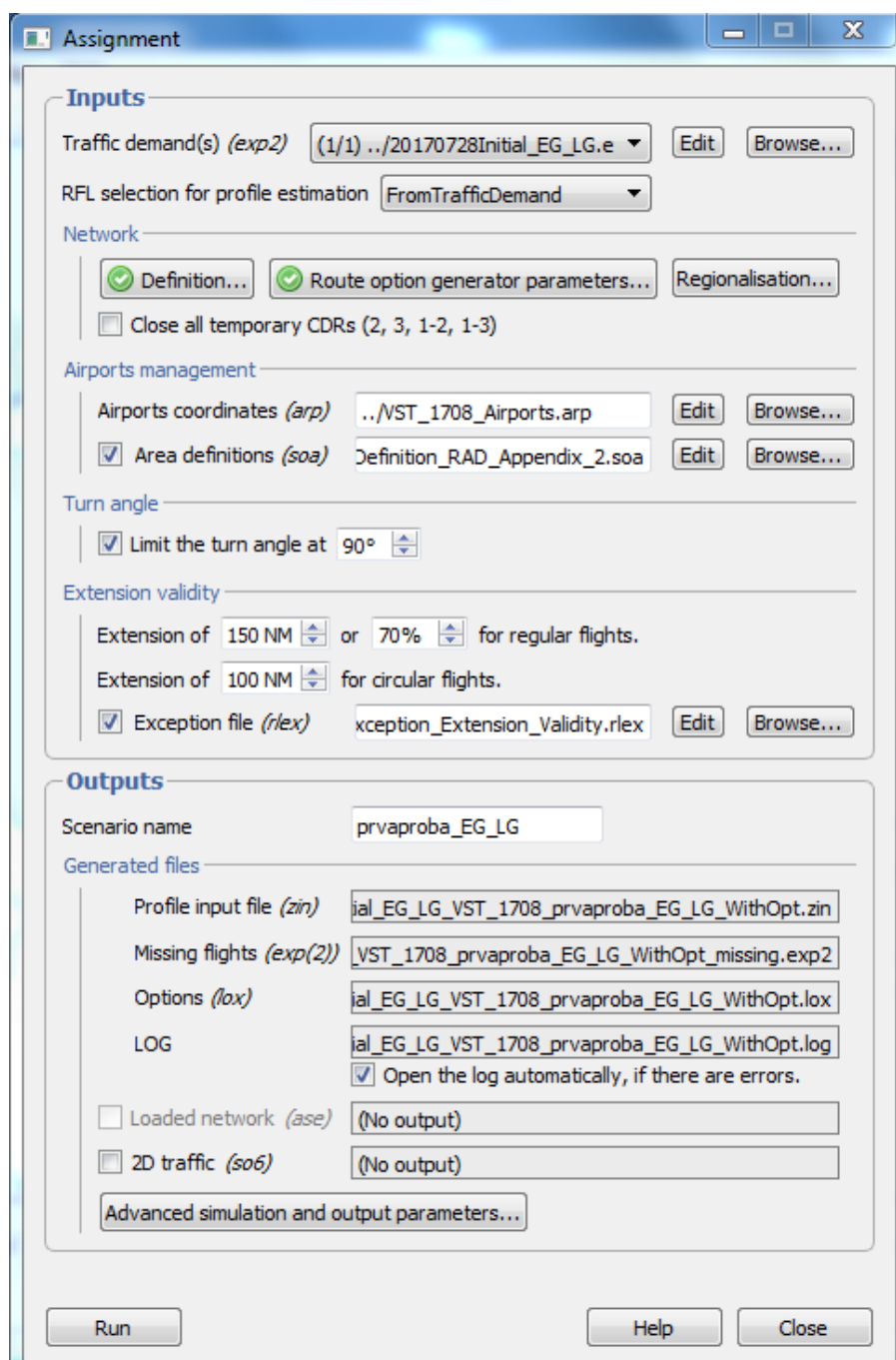
Budući da zračnim prostorom Europe u prosjeku svakodnevno preleti preko 29 000 zrakoplova, dok u ljetnim mjesecima te brojke dosežu i vrijednosti preko 36 000 zrakoplova, bilo je potrebno smanjiti uzorak letova koji će se promatrati. Dana 28.7.2017. zračnim prostorom Europe preletjelo je 36 658 zrakoplova. Zbog velikog broja raspoloživih podataka, napravljen je filter koji izdvaja letove koji kao zračnu luku polaska imaju bilo koju zračnu luku unutar Engleske, i kao zračnu luku dolaska bilo koju zračnu luku u Grčkoj za točno određen navedeni dan. Na slici 12. prikazan je unos tekstualnog filtera u programu NEST kojim se definiraju letovi koji polijeću iz Engleske, zapisane u obliku EG, i slijeću u državu Grčku, zapisanu kao LG. Ukupan broj takvih letova na dan 28.7.2017. je iznosio 117. Odabrani letovi su izvezeni u obliku .exp2 datoteke i označavaju prometnu potražnju.



Slika 12. Filter kojim se izdvajaju letovi iz Engleske za Grčku

2. dodjeljivanje prometa koristeći se funkcijom *Assignment* unutar *Processing* izbornika;

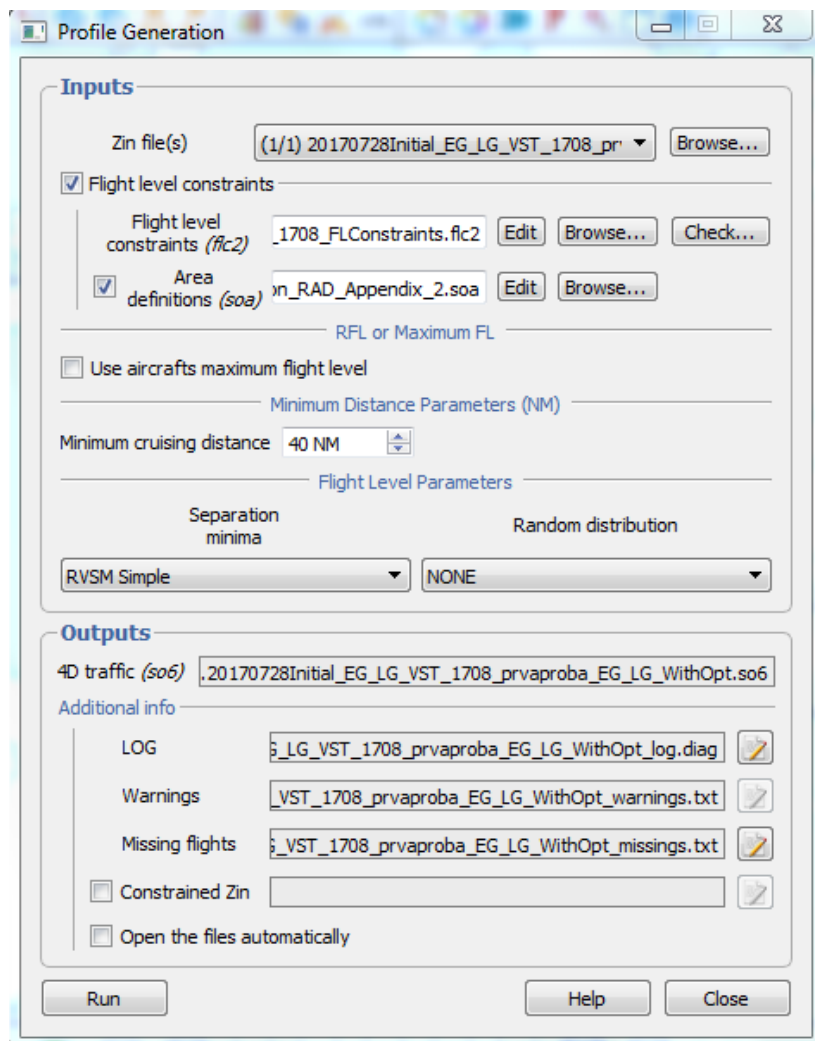
Funkcija *Assignment* pronalazi najkraće putanje za zadanu prometnu potražnju na zadanoj rutnoj mreži. Mreža ruta je sastavljena od nekoliko povezanih segmenata. Pojedina ruta se može sastojati od jednog ili više takvih segmenata. Ukupna duljina rute izračunata ovom funkcijom predstavlja zbroj svih duljina segmenata za svaki segment od kojeg se sastoji ruta. Ovaj proces automatski bira rute s najkraćom duljinom. Kao ulazni podatak za ovaj postupak koristila se .exp2 datoteka iz prethodnog koraka koja sadrži broj letova između pojedinih parova gradova. Kao ulazni podaci koristili su se i podaci preuzeti s EUROCONTROL-ovog repozitorija podataka o potražnji DDR2 (*Demand Data Repository*), koji su uneseni unutar opcija *Definition* i *Route option generator parameters*, potrebnih za opis mreže ruta, prikazanih na slici 13. Nakon pokretanja ove funkcije dobiju se izlazni podaci, od kojih su za ovu analizu bile potrebne datoteke nastavaka .zin i .lox koje su korištene za izračun profila.



Slika 13. Prikaz funkcije *Assignment*

3. korištenje funkcije *Profile* unutar *Processing* izbornika;

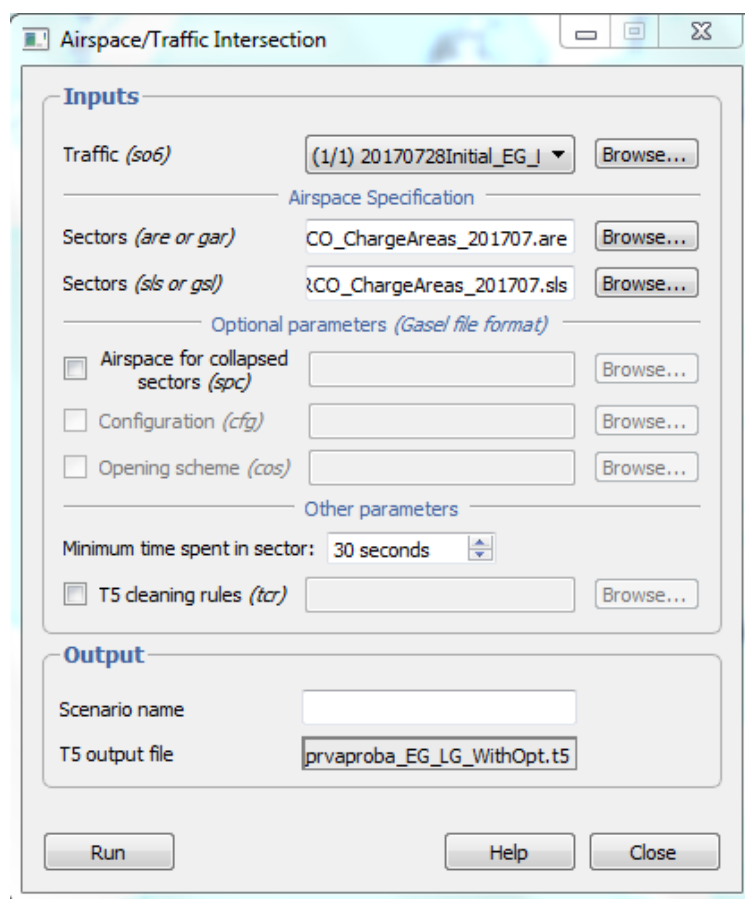
Ova funkcija generira iz ulaznog podatka, datoteke o dvodimenzionalnim putanjama ruta (.zin) koju smo dobili u prethodnom koraku, izlazni podatak, datoteku s prikazom četverodimenzionalnih putanja (.so6), dodajući pritom i vrijeme i visinu leta za svaku točku na ruti. Ovaj postupak pruža korisniku mogućnost postavljanja ograničenja visine polaska i/ili visine dolaska i/ili visine krstarenja za bilo koji let ili niz letova. Na slici 14. je vidljiv prikaz prozora funkcije *Profile*.



Slika 14. Prikaz funkcije *Profile*

4. dobivanje podataka koji sadrže gdje i kada putanje zrakoplova sijeku zračni prostor koristeći funkciju *Airspace/Traffic Intersection* unutar *Processing* izbornika;

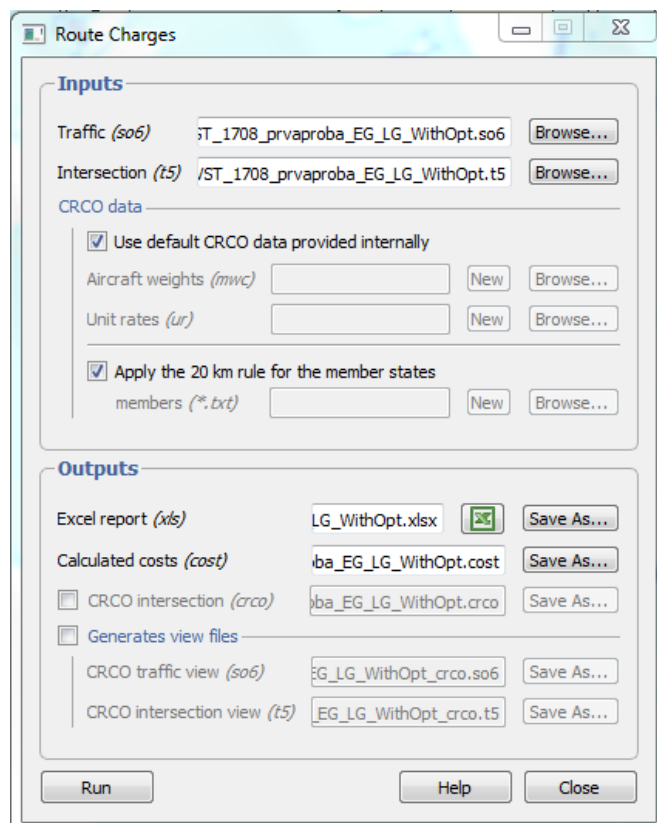
Ovim postupkom se izračunavaju 4D križanja prometa s volumenima zračnog prostora koja su za svaku ulaznu i izlaznu točku izražena u obliku koordinata, razine leta i vremena. Također su obrađeni podaci poput vremena trajanja i udaljenosti unutar volumena zračnog prostora. Kao ulazni podaci za ovaj postupak potrebni su datoteka s prikazom četverodimenzionalnih putanja (.so6) iz prethodnog koraka i datoteke nastavaka .are i .sls. ulazni podatak .are je podatak koji sadrži zemljopisne koordinate granica s dodijeljenim imenom. Ulazni podatak .sls je podatak koji sadrži informacije o građi volumena zračnog prostora. Svaki volumen zračnog prostora ima ime i sastoji se od jednog ili više zračnih blokova. Zračni blok je definiran svojim imenom i specifičnom donjom i gornjom razinom leta. Izlazni podatak koji se dobije ovim postupkom prikazanim na slici 15. je podatak o križanjima putanja sa zračnim prostorom .t5.



Slika 15. Prikaz funkcije *Airspace/Traffic Intersection*

5. izračun rutnih naknada;

Pod izbornikom *Analysis* nalazi se funkcija pomoću koje se izračunavaju rutne naknade *Route Charge*. To je specifični modul koji je razvijen za centralni ured za naplatu rutnih troškova CRCO. On računa troškove za svaki let uzimajući u obzir svaku državu. Može kombinirati datoteku .so6 i njoj pridruženu datoteku .t5 kako bi stvorio datoteku koja sadrži podatke o rutnim naknadama sa .crco nastavkom kako je prikazano na slici 16.



Slika 16. Prikaz funkcije *Route Charge*

6. izračun najjeftinijih i najkraćih ruta;

Pod izbornikom *Processing* nalazi se funkcija *Cheapest Route choice* koja je zadužena za, kako i sam naziv kaže, izračun najjeftinijih i najkraćih ruta. Trošak koji se koristi za izračun najjeftinije rute jednak je:

$$\text{Trošak} = \text{dužina rute (NM)} * \text{koeficijent (€/NM)} + \text{trošak rutne naknade (€)}.$$

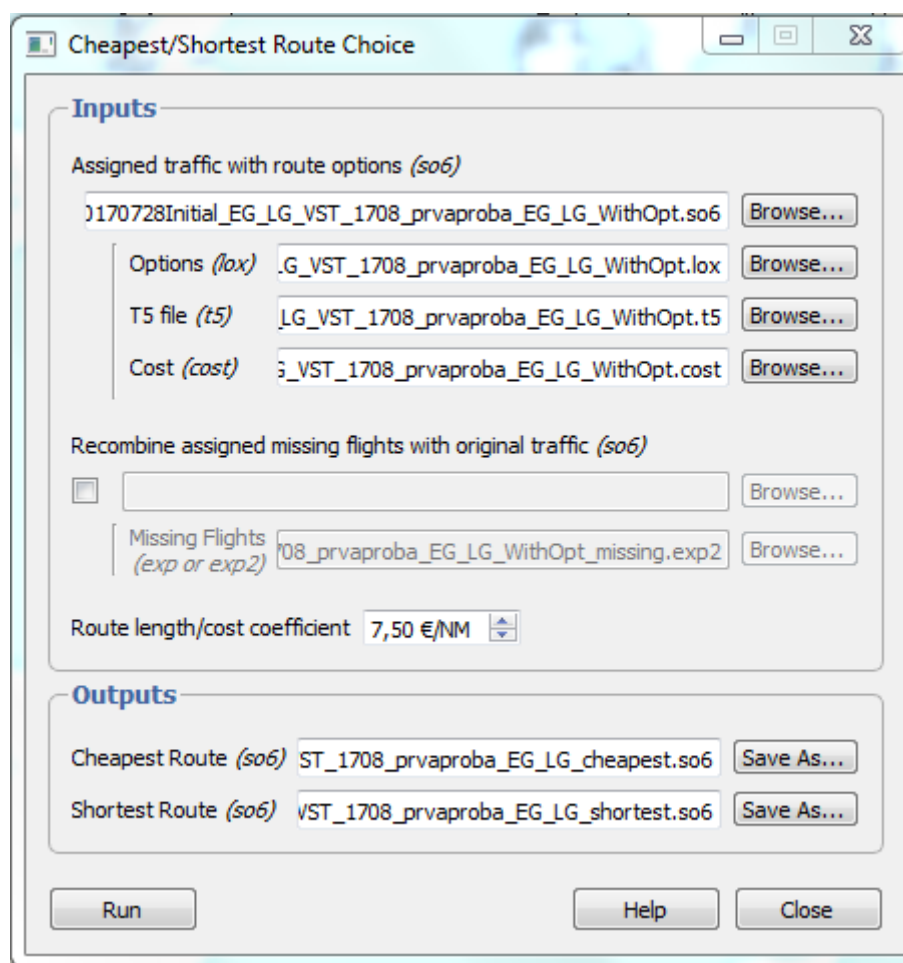
Ulazni podaci potrebni za ovaj postupak su:

- datoteka s prikazom četverodimenzionalnih putanja .so6 dobivena u 3. koraku,
- datoteka s nastavkom .lox dobivena u 2. koraku,
- datoteka s križanjima putanja sa zračnim prostorom .t5 dobivena u 4. koraku,
- datoteka koja sadrži podatke o rutnim naknadama .crco dobivena u 5. koraku.

Izlazni podaci koje se dobiju nakon završenog postupka su:

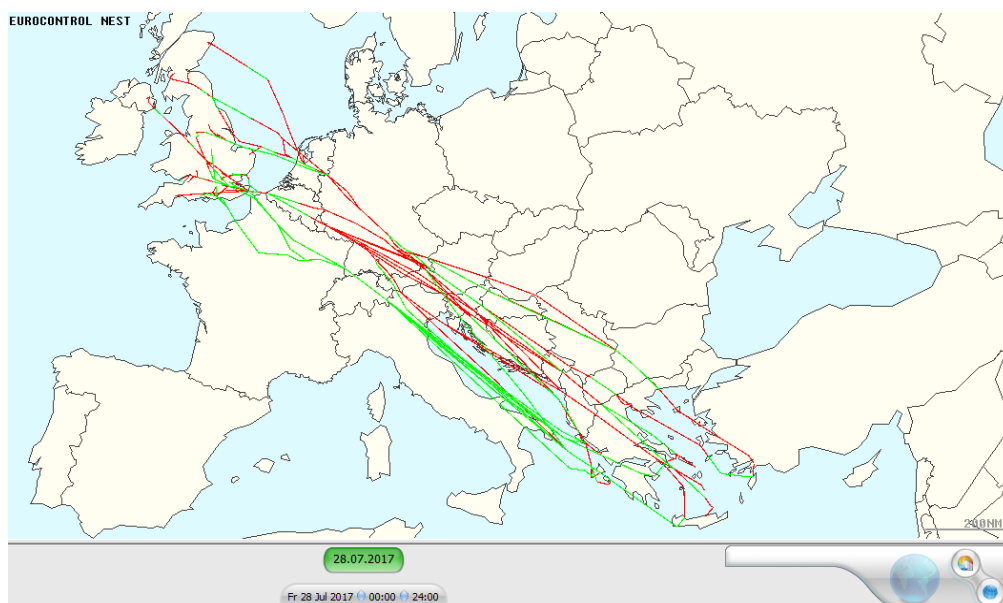
- datoteka s prikazom četverodimenzionalnih putanja najjeftinijih ruta .so6,
- datoteka s prikazom četverodimenzionalnih putanja najkraćih ruta .so6.

Na slici 17. je vidljiv prikaz prozora funkcije *Cheapest/Shortest Route Choice*.



Slika 17. Prikaz funkcije *Cheapest/Shortest Route Choice*

Nakon izvršenih koraka bilo je potrebno pomoću funkcije *NEST File Builder* učitati podatke iz datoteka s prikazom četverodimenzionalnih putanja najjeftinijih i najkraćih ruta kako bi se mogle prikazati i usporediti navedene rute.



Slika 18. Prikaz najjeftinijih i najkraćih ruta

Slika 18. prikazuje ukupno 117 letova koji su filtrirani u prvom koraku. Crvenom bojom naznačene su najjeftinije rute, dok su najkraće prikazane zelenom bojom. Sa slike se može vidjeti da u nekim slučajevima dolazi do preklapanja tih dviju boja, što znači da je najkraća ruta ujedno i najjeftinija. Za svaki od navedenih letova unutar programa moguće je otvoriti listu leta, prikazanu na slici 19 na primjeru odabranog leta, iz koje je vidljivo iščitati podatke o:

- identifikaciji zrakoplova,
- pozivnom znaku zrakoplova,
- zračnoj luci polaska,
- inicijalnoj i stvarnoj zračnoj luci dolaska,
- EOBT (*Estimated Off-Block Time*) i AOBT (*Actual Off-Block Time*) vremenima,
- procijenjenom i stvarnom datumu polaska,
- procijenjenom i stvarnom vremenu polaska,
- inicijalnom i stvarnom vremenu dolaska,
- zahtijevanoj razini leta,
- zrakoplovnoj kompaniji,
- tipu zrakoplova,
- kategoriji vrtložnih turbulencija,
- inicijalnoj i stvarnoj duljini rute izražene u nautičkim miljama,
- kašnjenjima izraženim u minutama.

Traffic	Flight ID	Call Sign	Origin	Initial/Actual Destination	EOBT/AOBT	ETOT/ATOT Date	ETOT/ATOT	Initial/Actual Arrival Time	RFL	Airline	Aircraft Type	WVC	Initial/Actual Route Length (NM)
Both	209491403	TOM7YK	EGAA	LGKR / LGKR	14:25 / 14:25	28.07.2017 / 28.07.2017	14:25 / 14:25	17:44 / 17:44	390	TOM	B738	M	1426,55 / 1426,55

Slika 19. Lista leta unutar programa NEST

Radi lakšeg razumijevanja i usporedbe korištenja različitih ruta, podaci su organizirani u tablicu. Tablica 4 sadrži oznake parova gradova, zrakoplovne kompanije te tipa zrakoplova. U tablici se također nalaze duljine (izračunate funkcijom u programu NEST) najjeftinijih ruta i najkraćih ruta iskazanih u nautičkim miljama, te razlika između tih dviju duljina. Dodan je i podatak duljine rute kojom je zrakoplov stvarno letio. Uspoređujući stvarnu putanju zrakoplova s najjeftinijim ili najkraćim putanjama mogao se zaključiti podatak koji se nalazi u zadnjem stupcu. Radi pojednostavljenja zapisa, rutama su dodijeljene oznake:

- J – najjeftinija ruta,
- K – najkraća ruta,
- RAZ – ruta različita od najjeftinije ili najkraće.

Tablica 4 – Izlazni podaci za analizu usporedbe korištenja najjeftinijih ili najkraćih ruta

Parovi gradova	Kompanija	Tip zrakoplova	Duljina najjeftinije rute (NM)	Duljina najkraće rute (NM)	Duljina stvarne rute (NM)	Razlika duljine najjeftinije i najkraće rute (NM)	Stvarna ruta
EGAA-LGKR	TOM	B738	1426,55	1426,55	1422,18	0,00	RAZ
EGBB-LGIR	MON	A321	1602,24	1602,24	1641,54	0,00	RAZ
EGBB-LGIR	TCX	A321	1602,24	1602,24	1682,20	0,00	RAZ
EGBB-LGKR	TOM	B738	1219,92	1218,83	1215,86	1,09	J
EGBB-LGKR	TOM	B738	1219,92	1218,83	1217,93	1,09	J
EGBB-LGSK	TOM	B752	1349,27	1349,27	1357,59	0,00	J
EGBB-LGZA	TCX	A321	1374,88	1337,24	1338,41	37,64	RAZ
EGBB-LGZA	TOM	B738	1355,52	1353,59	1344,91	1,93	K
EGBJ-LGAV	GSDRY	C25C	1454,39	1454,39	1503,02	0,00	RAZ
EGCC-LGAV	AEE	A320	1513,19	1511,30	1497,70	1,89	K
EGCC-LGAV	EZY	A320	1513,19	1511,30	1482,92	1,89	K
EGCC-LGIR	TCX	B753	1658,98	1658,98	1697,05	0,00	RAZ
EGCC-LGIR	FPO	B737	1658,98	1658,98	1650,37	0,00	K
EGCC-LGIR	TOM	B763	1658,98	1658,98	1639,93	0,00	RAZ
EGCC-LGIR	EZY	A320	1658,98	1658,98	1636,39	0,00	RAZ
EGCC-LGKF	EZY	A320	1408,52	1372,75	1404,94	35,77	J
EGCC-LGKR	EZY	A320	1276,66	1275,57	1270,00	1,09	RAZ
EGCC-LGKR	TOM	B763	1276,66	1275,57	1281,66	1,09	RAZ
EGCC-LGKR	TCX	B753	1276,66	1275,57	1270,17	1,09	RAZ
EGCC-LGKR	TOM	B738	1276,66	1275,57	1311,18	1,09	RAZ
EGCC-LGKR	TOM	B738	1271,78	1258,49	1252,46	13,29	K
EGCC-LGKV	TCX	A321	1363,03	1358,12	1354,77	4,91	J
EGCC-LGMK	CFE	E190	1533,51	1531,63	1547,28	1,88	K
EGCC-LGRP	EXS	B738	1689,76	1678,74	1661,53	11,02	K
EGCC-LGSA	TOM	B738	1621,26	1613,64	1621,83	7,62	J
EGCC-LGSK	FPO	B737	1406,01	1404,13	1418,49	1,88	RAZ
EGCC-LGSK	TCX	A321	1406,01	1404,13	1445,24	1,88	RAZ

EGCC-LGSK	TOM	B752	1406,01	1404,13	1450,25	1,88	RAZ
EGCC-LGTS	EZY	A320	1329,10	1326,35	1351,17	2,75	RAZ
EGCC-LGZA	TCX	A321	1431,63	1393,98	1406,97	37,65	K
EGCC-LGZA	TOM	B738	1412,26	1410,33	1391,55	1,93	K
EGCN-LGKR	TOM	B738	1221,49	1221,49	1220,95	0,00	K
EGCN-LGZA	TOM	B738	1377,44	1370,66	1378,98	6,78	J
EGFF-LGKR	TOM	B738	1255,24	1254,15	1296,54	1,09	J
EGGD-LGKF	TCX	A321	1363,42	1327,65	1359,74	35,77	J
EGGD-LGKR	EZY	A320	1235,44	1230,47	1237,86	4,97	J
EGGD-LGKR	TOM	B752	1235,44	1230,47	1267,47	4,97	RAZ
EGGD-LGZA	TOM	B752	1394,00	1365,23	1340,44	28,77	K
EGGW-LGKR	NJE	F2TH	1169,06	1169,06	1173,17	0,00	RAZ
EGGW-LGKR	AHO	E55P	1169,06	1169,06	1199,96	0,00	RAZ
EGGW-LGKR	TOM	B738	1169,06	1169,06	1182,92	0,00	RAZ
EGGW-LGMK	EZY	A320	1422,02	1422,02	1432,99	0,00	K
EGGW-LGSK	TOM	B738	1294,52	1294,52	1285,31	0,00	K
EGHH-LGKR	TOM	B738	1208,46	1185,64	1198,53	22,82	RAZ
EGKK-LGAV	EZY	A320	1362,75	1362,75	1347,00	0,00	K
EGKK-LGAV	EZY	A320	1362,75	1362,75	1413,31	0,00	RAZ
EGKK-LGIR	TCX	A320	1512,01	1510,99	1523,75	1,02	RAZ
EGKK-LGIR	BAW	A320	1512,01	1510,99	1521,26	1,02	RAZ
EGKK-LGIR	EZY	A320	1512,01	1510,99	1500,79	1,02	K
EGKK-LGIR	ENT	B738	1512,01	1511,00	1493,77	1,01	RAZ
EGKK-LGIR	EZY	A320	1512,01	1510,99	1492,10	1,02	K
EGKK-LGIR	TOM	B738	1512,01	1511,00	1519,60	1,01	RAZ
EGKK-LGIR	TCX	A320	1512,01	1510,99	1523,61	1,02	RAZ
EGKK-LGKF	EZY	A320	1258,08	1225,61	1267,73	32,47	J
EGKK-LGKR	TOM	B752	1130,11	1128,43	1138,87	1,68	RAZ
EGKK-LGKR	LLC	A320	1130,11	1128,43	1130,20	1,68	RAZ
EGKK-LGKR	TCX	A321	1130,11	1128,43	1150,49	1,68	RAZ
EGKK-LGKR	TOM	B738	1130,11	1127,70	1138,44	2,41	RAZ
EGKK-LGKR	TOM	B752	1130,11	1128,43	1148,34	1,68	RAZ

EGKK-LGKR	EZY	A320	1130,11	1128,43	1167,93	1,68	RAZ
EGKK-LGKR	EZY	A320	1130,11	1128,43	1130,86	1,68	RAZ
EGKK-LGKV	TCX	A320	1218,18	1213,27	1224,79	4,91	J
EGKK-LGMK	EZY	A320	1383,07	1383,07	1409,15	0,00	K
EGKK-LGPZ	EZY	A320	1189,33	1178,14	1186,01	11,19	RAZ
EGKK-LGRP	EZY	A320	1527,81	1527,81	1571,44	0,00	RAZ
EGKK-LGSA	TOM	B738	1470,82	1466,50	1477,13	4,32	J
EGKK-LGSA	EZY	A320	1470,82	1466,50	1482,18	4,32	J
EGKK-LGSK	ENT	B738	1255,58	1255,58	1264,28	0,00	K
EGKK-LGSK	LLC	A320	1255,57	1255,57	1264,40	0,00	K
EGKK-LGSK	TOM	B752	1255,57	1255,57	1264,94	0,00	K
EGKK-LGSK	GMI	A319	1255,57	1255,57	1283,48	0,00	K
EGKK-LGSR	EZY	A320	1437,91	1437,91	1464,54	0,00	K
EGKK-LGTS	BAW	A320	1178,66	1178,66	1211,26	0,00	J
EGKK-LGTS	EZY	A320	1178,66	1178,66	1210,32	0,00	K
EGKK-LGZA	TOM	B738	1288,67	1263,19	1262,28	25,48	K
EGKK-LGZA	EZY	A320	1288,67	1263,19	1265,57	25,48	RAZ
EGLC-LGMK	CFE	E190	1378,28	1378,28	1419,01	0,00	K
EGLC-LGSR	CFE	E190	1433,12	1433,12	1455,80	0,00	RAZ
EGLF-LGAV	MSAID	GL5T	1427,05	1410,97	1410,76	16,08	K
EGLF-LGAV	NJE	CL35	1427,05	1410,97	1393,25	16,08	RAZ
EGLL-LGAV	AEE	A321	1380,70	1380,70	1376,05	0,00	K
EGLL-LGAV	AEE	A321	1372,25	1372,25	1346,49	0,00	RAZ
EGLL-LGAV	AEE	A321	1378,27	1378,27	1354,38	0,00	RAZ
EGLL-LGAV	AEE	A321	1380,70	1380,70	1369,39	0,00	RAZ
EGLL-LGAV	BAW	A320	1380,70	1380,70	1423,84	0,00	RAZ
EGLL-LGAV	BAW	A320	1380,70	1380,70	1363,12	0,00	RAZ
EGLL-LGAV	BAW	A320	1380,70	1380,70	1343,13	0,00	RAZ
EGLL-LGAV	BAW	B763	1380,70	1380,70	1373,98	0,00	RAZ
EGLL-LGKR	BAW	A320	1148,06	1148,06	1212,36	0,00	RAZ
EGLL-LGMK	BAW	A320	1401,03	1401,03	1399,69	0,00	K
EGNM-LGIR	EXS	B738	1636,01	1633,52	1625,01	2,49	K

EGNM-LGKR	TOM	B738	1256,72	1256,72	1280,00	0,00	K
EGNM-LGRP	EXS	B738	1668,62	1652,71	1664,82	15,91	RAZ
EGNT-LGIR	EXS	B738	1685,42	1682,93	1699,96	2,49	RAZ
EGNT-LGKR	TOM	B738	1306,13	1306,13	1306,88	0,00	K
EGNT-LGKR	TCX	A321	1306,13	1306,13	1324,24	0,00	RAZ
EGNT-LGSK	TCX	A321	1427,51	1427,51	1545,31	0,00	RAZ
EGNT-LGZA	TOM	B738	1462,08	1455,30	1459,13	6,78	RAZ
EGNX-LGIR	EXS	B738	1616,37	1616,37	1699,56	0,00	RAZ
EGNX-LGKR	TOM	B738	1234,05	1232,97	1264,41	1,08	RAZ
EGNX-LGSK	TCX	A321	1363,40	1363,40	1375,46	0,00	RAZ
EGNX-LGZA	TOM	B738	1369,65	1367,72	1345,02	1,93	K
EGPD-LGKR	FPO	B737	1406,34	1406,34	1388,52	0,00	RAZ
EGPF-LGIR	TCX	A321	1805,80	1803,31	1797,40	2,49	RAZ
EGPF-LGKR	TOM	B752	1426,51	1426,51	1421,87	0,00	K
EGPH-LGAV	AEE	A320	1604,35	1604,35	1571,57	0,00	RAZ
EGPH-LGKR	TOM	B738	1388,01	1388,01	1382,56	0,00	K
EGSH-LGKR	TOM	B738	1144,16	1144,16	1253,89	0,00	RAZ
EGSS-LGAV	RYP	B738	1374,83	1374,83	1357,75	0,00	K
EGSS-LGAV	RYP	B738	1374,83	1374,83	1347,82	0,00	K
EGSS-LGIR	EXS	B738	1524,09	1523,08	1511,17	1,01	J
EGSS-LGKR	TOM	B738	1142,19	1142,19	1166,69	0,00	RAZ
EGSS-LGSA	RYP	B738	1482,90	1480,88	1480,31	2,02	J
EGSS-LGSK	TCX	A321	1267,66	1267,66	1266,05	0,00	K
EGSS-LGTS	RYP	B738	1190,75	1190,75	1216,36	0,00	K
EGTE-LGKR	TOM	B738	1254,21	1244,92	1259,21	9,29	RAZ
EGWU-LGAV	NJE	C56X	1406,92	1406,92	1393,70	0,00	RAZ

Prvi stupac predstavlja parove gradove, odnosno zračnu luku polaska i zračnu luku dolaska zrakoplova. Svaka zračna luka ima svoju jedinstvenu četveroznamenkastu oznaku dodijeljenu od strane Međunarodne organizacije za civilno zrakoplovstvo ICAO. Kodovi iz prvog stupca pripadaju sljedećim zračnim lukama:

- EGAA – *Belfast International Airport (Belfast)*
- EGBB – *Birmingham Airport (Birmingham)*
- EGBJ – *Gloucestershire Airport (Staverton)*

- EGCC – *Manchester Airport (Manchester)*
- EGCN – *Robin Hood Airport Doncaster Sheffield (South Yorkshire)*
- EGFF – *Cardiff International Airport (Cardiff)*
- EGGD – *Bristol Airport (Bristol)*
- EGGW – *London Luton Airport (London)*
- EGHH – *Bournemouth Airport (Bournemouth)*
- EGKK – *London Gatwick Airport (London)*
- EGLC – *London City Airport (London)*
- EGLF – *Farnborough Airfield (Farnborough)*
- EGLL – *London Heathrow Airport (London)*
- EGNM – *Leeds Bradford International Airport (West Yorkshire)*
- EGNT – *Newcastle Airport (Newcastle upon Tyne)*
- EGNX – *East Midlands Airport (East Midlands)*
- EGPD – *Aberdeen Airport (Aberdeen)*
- EGPF – *Glasgow International Airport (Glasgow)*
- EGPH – *Edinburgh Airport (Edinburgh)*
- EGSH – *Norwich International Airport (Norwich)*
- EGSS – *London Stansted Airport (London)*
- EGTE – *Exeter International Airport (Exeter)*
- EGWU – *RAF Northolt (Ruislip)*
- LGAV – *Athens International Airport „Eleftherios Venizelos“ (Athens)*
- LGIR – *Heraklion International Airport „Nikos Kazantzakis“ (Heraklion)*
- LGKF – *Kefalonia Island International Airport „Pollatou“ (Kefalonia)*
- LGKR – *Ioannis Kapodistrias International Airport (Corfu)*
- LGKV – *Kavala International Airport „Megas Alexandros“ (Kavala)*
- LGMK – *Mykonos Island National Airport „Dilos“ (Mykonos)*
- LGPZ – *Aktion National Airport (Preveza)*
- LGRP – *Rhodes International Airport „Diagoras“ (Rhodes)*
- LGSA – *Chania International Airport „Ioannis Daskalogiannis“ (Chania)*
- LGSK – *Skiathos Island National Airport „Alexandros Papadiamantis“ (Skiathos)*
- LGSR – *Santorini (Thira) National Airport „Zefiros“ (Santorini)*
- LGTS – *Thessaloniki International Airport „Macedonia“ (Thessaloniki)*
- LGZA – *Zakynthos International Airport „Dionysios Solomos“ (Zakynthos)*

U drugom stupcu su navedene zrakoplovne kompanije koje su obavljale letove između navedenih gradova. Zrakoplovne kompanije imaju troznamenaste oznake dodijeljene od strane Međunarodne organizacije za civilno zrakoplovstvo ICAO:

- AEE – *Aegean Airlines*
- AHO – *Air Hamburg*
- BAW – *British Airways*
- CFE – *BA CityFlyer*

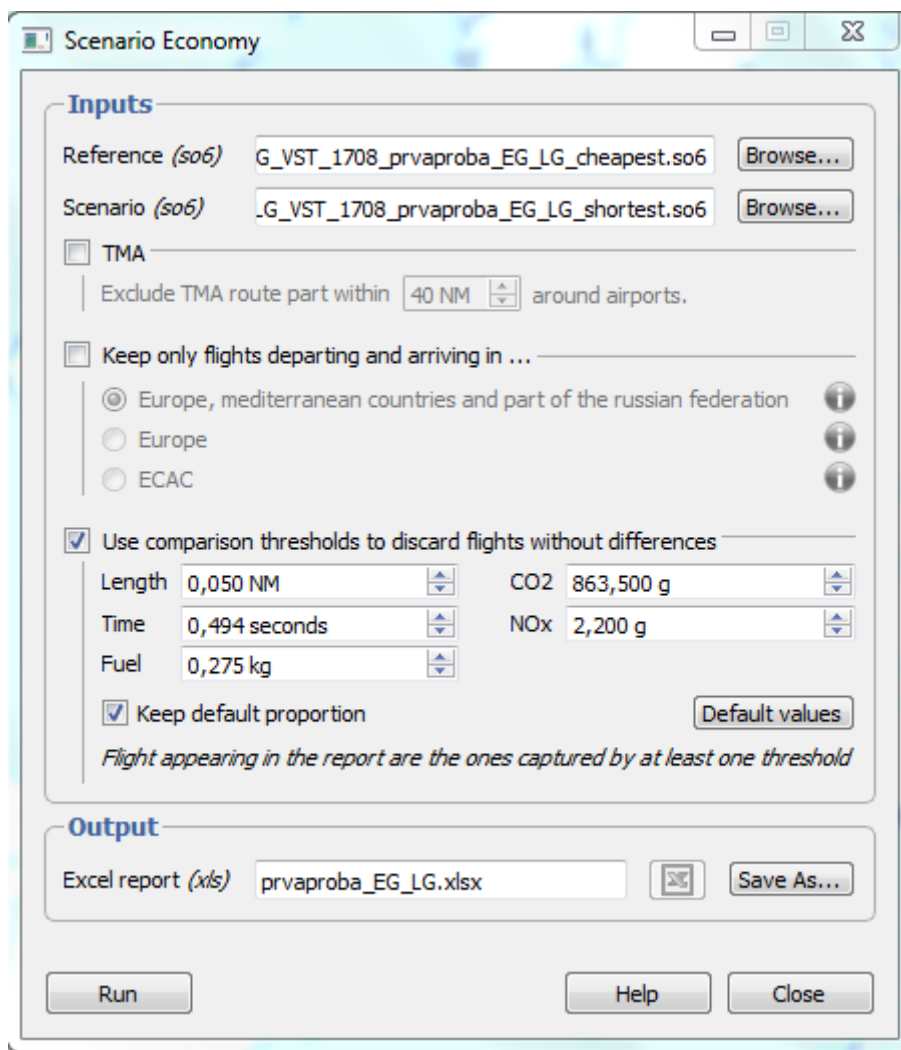
- ENT – *Enter Air*
- EXS – *Jet2.com*
- EZY – *EasyJet*
- FPO – *Europe Airpost*
- GMI – *Germania*
- LLC – *Small Planet Airlines*
- MON – *Monarch Airlines*
- MSA – *Mistral Air*
- NJE – *NetJets Europe*
- RYR – *Ryanair*
- TCX – *Thomas Cook Airlines*
- TOM – *Thomson Airways*

Treći stupac sadrži podatke o pojedinom tipu zrakoplova te se u tablici 5 nalaze informacije o maksimalnoj težini zrakoplova prilikom polijetanja MTOW koji su potrebni za izračun faktora težine pomoću kojeg se dobiju vrijednosti rutnih naknada. Taj podatak će služiti za izračune u 6. poglavlju.

Tablica 5 – Podaci o tipovima zrakoplova

Oznaka zrakoplova	Naziv zrakoplova	MTOW (t)	Faktor težine zrakoplova p
A319	Airbus 319	64	1,13
A320	Airbus 320	73,9	1,22
A321	Airbus 321	83	1,29
B737	Boeing 737-700	66,32	1,15
B738	Boeing 737-800	70,53	1,19
B752	Boeing 757-200	115,68	1,52
B753	Boeing 757-300	123,6	1,57
B763	Boeing 767-300ER	186,88	1,93
C25C	Cessna Citation CJ4	7,76	0,39
C56X	Cessna 560XL Citation Excel	9,16	0,43
CL35	Canadair Challenger 350	18,4	0,61
E190	Embraer 190	45,99	0,96
E55P	Embraer Phenom 300	7,95	0,40
F2TH	Dassault Falcon 2000	16,24	0,57
GL5T	Bombardier Global 5000	41,96	0,92

Promatrajući tablicu 4 vidljivo je da zrakoplovne kompanije nisu uvijek birale najkraće rute koje znače i manju potrošnju goriva, a samim time i manje emisije štetnih plinova u okoliš. Kako bi se odredio štetan utjecaj na okoliš kojeg je zadani promet ostvario birajući najjeftiniju, a dužu rutu umjesto najkraće bilo je potrebno pod izbornikom *Analysis* pokrenuti funkciju *Scenario Economy*. Kao ulazni podatak za ovaj postupak bilo je potrebno odabrati referentnu datoteku, u ovom slučaju datoteku s podacima najjeftinijih ruta, koja se uspoređivala u odnosu na datoteku s najkraćim rutama koja predstavlja drugi ulazni podatak. Prozor funkcije je vidljiv na slici 20.



Slika 20. Prikaz funkcije *Scenario Economy*

Iz tablice 4 se može vidjeti kako u nekim slučajevima, ukupno 55 njih, duljine najjeftinije i najkraće rute se podudaraju, što znači da se radi o istoj ruti. Stoga se takve rute nisu mogle uzeti za razmatranje usporedbe potrošnje količine goriva i ispušnih plinova. Ovom funkcijom obuhvaćena su ukupno 62 leta, kojima je razlika u duljinama različita od nule. Usporedba se vrši na temelju pet kriterija: duljina leta, vrijeme leta, potrošnja goriva u kilogramima, količina ispušnih plinova CO₂ i NO_x u kilogramima. Let će se pojaviti u izlaznoj tablici samo u slučaju ako je promjena uočena na najmanje jednom od kriterija. Promjena se uočava kada je apsolutna vrijednost razlike između referentnog i promatranog scenarija veća ili jednaka

pragovima postavljenim za ovaj kriterij. Tablica 6 prikazuje rezultate usporedbe te je vidljivo da izbor jeftinije rute znači veće zagađenje okoliša u brojkama od 16 804,440 kilograma više ispuštenog ugljikovog dioksida i 85,004 kilograma ispuštenih dušikovih oksida.

Tablica 6 – Prikaz indikatora štetnog utjecaja na okoliš

Ukupan broj promatranih letova	Duljina (NM)	Vrijeme (min)	Potrošnja goriva (kg)	Količina CO₂ (kg)	Količina NO_x (kg)
62	483,400	93,225	5317,940	16804,440	85,004

Ove brojke odnose se na 62 od ukupno 36 658 letova odvijanih tog dana. Kada se uzme u obzir da to predstavlja samo 0,17% ukupnih letova, zaključuje se da je količina štetnog utjecaja na okoliš značajna.

6. ANALIZA DOBIVENIH REZULTATA I USPOREDBA KORIŠTENJA NAJJEFTINIJIH ILI NAJKRAĆIH RUTA

Promatrajući tablicu 4 iz prethodnog poglavlja i podatke koje sadrži može se vidjeti da od ukupnog broja letova za 62 leta pojedine zrakoplovne kompanije su se odlučile na izbor putanja koje su različite, u većoj ili manjoj mjeri, od najjeftinije ili najkraće rute. To predstavlja više od pola letova promatranog uzorka letova, točnije 52,99%. Primjer jednog takvog leta se može vidjeti na slici ispod.



Slika 21. Razlika između stvarne rute zrakoplova i najjeftinije ili najkraće rute

Slika 21. prikazuje u gornjem dijelu rute koje označavaju najjeftiniju i najkraću rutu. Crvenom bojom je predstavljena najjeftinija ruta za promatrani primjer leta pozivnog znaka TOM1LC između gradova EGKK i LGIR, dok ruta zelene boje predstavlja najkraću rutu za isti primjer leta. Na donjoj slici je moguće vidjeti stvarnu putanju kojom je navedeni zrakoplov letio. Vizualno se može usporediti da se navedene putanje međusobno razlikuju te da ruta na donjoj slici prolazi potpuno drugim državama. Promatrajući i uspoređujući na isti način putanje za svaki promatrani let koji je obuhvaćen ovom analizom došlo je se do zaključka o korištenju pojedinih ruta koje su predstavljene u zadnjem stupcu tablice 4 iz prethodnog poglavlja. Razlog zbog kojeg je zrakoplov izabrao potpuno drugu putanju nije poznat. Zrakoplovne kompanije mogu izabrati kojom rutom će letjeti, ali u nekim slučajevima, poput nepovoljnih vremenskih uvjeta ili potrebe za reguliranjem zračnog prometa u slučaju nedostatka raspoloživog kapaciteta ili radi smanjenja kašnjenja postoji potreba za rerutiranjem. To je mjera ATFCM-a koja od zrakoplovnog operatera zahtjeva podnošenje novog plana leta s alternativnom rutom ili razinom leta. Kontrolori zračnog prometa također mogu promijeniti rutu zrakoplova izdajući odobrenje za direktno letenje između dvije točke unutar nadležnog prostora. Iz tog razloga duljina stvarne putanje zrakoplova može biti manja od duljine najkraće rute koja predstavlja sumu svih segmenata između pojedinih točaka kojima je zrakoplov planirao letjeti unutar promatranog zračnog prostora. Međutim, u slučajevima kada to nije uzrok promjene rute i prelaska većeg broja nautičkih milja već svojevolan odabir zračnog operatera, ta brojka može predstavljati zabrinjavajuću okolnost za okoliš europskog zračnog prostora.

Tablica 7 je prikaz svih zrakoplovnih kompanija promatranog uzorka prometa zajedno s prikazom udjela izabranih ruta koje su ostvarile promatrani dan. Iz tablice se može zaključiti da zrakoplovne kompanije koje su ostvarile najveći promet toga dana iz Engleske prema Grčkoj u najvećem dijelu su koristile rute koje su potpuno različite od najkraćih, pa čak i najjeftinijih.

Tablica 7 – Udio korištenja pojedinih ruta zrakoplovnih kompanija

Zrakoplovna kompanija	Ukupan broj letova	Udio letova s najkraćom rutom [%]	Udio letova s najjeftinijom rutom [%]	Udio letova s različitom rutom [%]
AEE	6	33,33	0	66,67
AHO	1	0	0	100
BAW	8	12,50	12,50	75
CFE	3	66,67	0	33,33
ENT	2	50	0	50
EXS	6	33,33	16,67	50
EZY	21	38,09	19,05	42,86
FPO	3	33,33	0	66,67

GMI	1	100	0	0
GSD	1	0	0	100
LLC	2	50	0	50
MON	1	0	0	100
MSA	1	100	0	0
NJE	3	0	0	100
RYR	4	75	25	0
TCX	17	11,76	17,65	70,59
TOM	37	35,14	18,92	45,94

Promatrajući preostale letove zrakoplovnih kompanija može se vidjeti da su najkraće rute birane ukupno 38 puta, dok je za 17 letova korištena najjeftinija ruta. Budući da ne možemo uzeti u obzir letove koji su letjeli različitom rutom jer nisu poznati uzroci izbora takvih ruta, za potrebe analize usporedbe promatrat će se ukupno 55 letova koji su izabrali jednu od dvije opcije. Kako je ranije spomenuto da se stvarna putanja može razlikovati od bilo koje izabrane inicijalne putanje, bila to najkraća ili najjeftinija putanja, zbog toga su se za ovu analizu koristile inicijalne duljine, odnosno usporedba između korištenja najjeftinijih i najkraćih ruta, ovisno o izboru zrakoplovnog operatera zanemarujući duljinu koja je stvarno ostvarena. Za nekoliko letova, točnije 26 njih, koji se promatraju za usporedbu razlike u duljini između najjeftinije i najkraće rute su jednake nuli. Stoga su oni izuzeti iz izmijenjene tablice jer nije moguće usporediti razliku u rutnim naknadama. Letovi koji će biti potrebni za promatranje su prikazani u novoj tablici. U tablici 8 su, radi lakšeg raspoznavanja, crvenom bojom označeni letovi najjeftinijom rutom, a zelenom bojom letovi najkraćom rutom.

Tablica 8 – Izabrani izlazni podaci za analizu usporedbe korištenja najjeftinijih ili najkraćih ruta

Redni broj	Parovi gradova	Kompanija	Tip zrakoplova	Duljina najjeftinije rute (NM)	Duljina najkraće rute (NM)
1	EGBB-LGKR	TOM	B738	1219,92	1218,83
2	EGBB-LGKR	TOM	B738	1219,92	1218,83
3	EGBB-LGZA	TOM	B738	1355,52	1353,59
4	EGCC-LGAV	AEE	A320	1513,19	1511,30
5	EGCC-LGAV	EZY	A320	1513,19	1511,30
6	EGCC-LGKR	TOM	B738	1271,78	1258,49
7	EGCC-LGKV	TCX	A321	1363,03	1358,12
8	EGCC-LGMK	CFE	E190	1533,51	1531,63
9	EGCC-LGRP	EXS	B738	1689,76	1678,74

10	EGCC-LGSA	TOM	B738	1621,26	1613,64
11	EGCC-LGZA	TCX	A321	1431,63	1393,98
12	EGCC-LGZA	TOM	B738	1412,26	1410,33
13	EGCN-LGZA	TOM	B738	1377,44	1370,66
14	EGFF-LGKR	TOM	B738	1255,24	1254,15
15	EGGD-LGKF	TCX	A321	1363,42	1327,65
16	EGGD-LGKR	EZY	A320	1235,44	1230,47
17	EGGD-LGZA	TOM	B752	1394,00	1365,23
18	EGKK-LGIR	EZY	A320	1512,01	1510,99
19	EGKK-LGIR	EZY	A320	1512,01	1510,99
20	EGKK-LGKF	EZY	A320	1258,08	1225,61
21	EGKK-LGKV	TCX	A320	1218,18	1213,27
22	EGKK-LGSA	TOM	B738	1470,82	1466,50
23	EGKK-LGSA	EZY	A320	1470,82	1466,50
24	EGKK-LGZA	TOM	B738	1288,67	1263,19
25	EGLF-LGAV	MSAID	GL5T	1427,05	1410,97
26	EGNM-LGIR	EXS	B738	1636,01	1633,52
27	EGNX-LGZA	TOM	B738	1369,65	1367,72
28	EGSS-LGIR	EXS	B738	1524,09	1523,08
29	EGSS-LGSA	RYP	B738	1482,90	1480,88

Za daljnje potrebe analize u obzir su se uzimali letovi koji su prometovali najjeftinijom rutom iz razloga što se polazi od pretpostavke da takvi letovi više zagađuju okoliš zbog više prijeđenih milja. Rute naznačene zelenom bojom odgovaraju najkraćim rutama kojima u teoriji zrakoplovni operateri teže letjeti zbog najmanjeg broja prijeđenih kilometara i uštede u potrošnji goriva. Međutim, ovom analizom se nastojalo prikazati kako zrakoplovni operateri ponekad biraju i dulje varijante rute jer time imaju uštedu koju ostvaraju plaćanjem manjih rutnih naknada od onih koje bi plaćale za let najkraćom rutom. Nakon razvrstavanja podataka u tablicu bilo je potrebno za svaki let koji je označen da je letio najjeftinijom rutom, u tablici prikazan crvenom bojom, izračunati rutnu naknadu te rutnu naknadu za koju bi bio terećen u uvjetima da je taj isti let izabrao da leti najkraćom rutom. Na primjeru jednog leta će biti objašnjen postupak na temelju kojeg se analiziralo 14 letova koji su odgovarali postavljenim uvjetima.

Na slici 22. je prikazana razlika između najjeftinije i najkraće rute za let iz *Cardiff International Airport* za *Ioannis Kapodistrias International Airport* gdje crvena ruta

predstavlja najjeftiniju rutu kojom je zrakoplov zrakoplovne kompanije TOM planirao letjeti do navedene zračne luke (u tablici iznad se navedeni let nalazi pod rednim brojem 14).



Slika 22. Razlika najjeftinije i najkraće rute

Tablicama 9 i 10 su prikazani izračuni rutnih naknada za gore navedeni primjer leta u slučaju letenja najjeftinijom i letenja najkraćom rutom. Vrijednosti dobivenih rutnih naknada su izračunate na približne vrijednosti iz razloga što program NEST ne nudi precizan alat za mjerenje duljine prijeđenih milja ili kilometara iznad područja pojedinih država. Kako bi se izračunala prijeđena udaljenost potrebna za izračun iznad svake države koristio se alat *Length/Azimuth* koji se nalazi pod izbornikom *Map*. Birajući navedeni alat i pritiskom između odabranih dviju točaka na karti dobije se udaljenost između njih izražena u nautičkim miljama i kilometrima. Duljina je izračunata u dvodimenzionalnom prikazu duž velike kružnice na sfernom modelu Zemlje. Računajući na taj način duljine svih segmenata rute unutar granica svake države posebno dobila se konačna udaljenost za svaku državu. Zbog toga iznos rutnih naknada može biti u manjoj mjeri neprecizan za razliku od stvarnog iznosa rutnih naknada koje su operateri morali platiti, ali budući da se izračun rutnih naknada između najjeftinije i najkraće rute vršio na isti način, razlika navedenih rutnih naknada je u istom omjeru te se može kao takva smatrati mjerodavnom.

Tablica 9 – Izračun rutne naknade za najjeftiniju rutu

Država	Udaljenost potrebna za izračun (km)	Faktor duljine leta d_i	Faktor težine zrakoplova p	Broj jediničnih usluga N_i	Jedinična naknada t_i (EUR)	Pojedinačna rutna naknada r_i (EUR)
Ujedinjeno Kraljevstvo	371,442	3,71442	1,19	4,4202	73,68	325,68

Belgija	299,090	2,99090	1,19	3,5592	67,53	240,35
Luksemburg	57,936	0,57936	1,19	0,6894	67,53	46,56
Njemačka	392,539	3,92539	1,19	4,6712	69,43	324,32
Austrija	78,932	0,78932	1,19	0,9393	72,78	68,36
Italija	243,817	2,43817	1,19	2,9014	80,07	232,32
Hrvatska	575,918	5,75918	1,19	6,8534	46,87	321,22
Crna Gora	62,096	0,62096	1,19	0,7389	34,77	25,69
Albanija	183,187	1,83187	1,19	2,1799	51,25	111,72
Grčka	13,168	0,13168	1,19	0,1567	30,02	4,70
UKUPNO						1700,93 EUR

Tablica ispod prikazuje izračun rutne naknade za najkraću rutu promatranog leta.

Tablica 10 – Izračun rutne naknade za najkraću rutu

Država	Udaljenost potreba za izračun (km)	Faktor duljine leta d_i	Faktor težine zrakoplova p	Broj jediničnih usluga N_i	Jedinična naknada t_i (EUR)	Pojedinačna rutna naknada r_i (EUR)
Ujedinjeno Kraljevstvo	338,976	3,38976	1,19	4,0338	73,68	297,21
Francuska	595,699	5,95699	1,19	7,0888	67,07	475,45
Njemačka	54,046	0,54046	1,19	0,6431	69,43	44,65
Švicarska	198,41	1,98410	1,19	2,3611	104,80	247,44
Italija	1034,114	10,34114	1,19	12,3060	80,07	985,34
Grčka	65,332	0,65332	1,19	0,7775	30,02	23,34
UKUPNO						2073,43 EUR

Može se uočiti da je u slučaju najjeftinije, a duže rute, broj država iznad kojih se leti veći od broja država najkraćom rutom. Iako je broj država u tom slučaju skoro duplo veći, iznos rutne naknade je znatno manji, i to za 372,50 eura.

Na isti način su obrađeni i preostali letovi, no zbog veličine tablica podataka one neće biti prikazane nego su izlučeni podaci u novu tablicu gdje su letovi označeni prema pridruženim rednim brojevima iz prethodne tablice 8. Tablica 11 sadrži podatke potrebne za usporedbu rutnih naknada koje se razlikuju korištenjem najjeftinijih ili najkraćih ruta za isti par gradova.

Tablica 11 – Analiza korištenja najjeftinijih i najkraćih ruta prema rutnim naknadama

Redni broj	Duljina najjeftinije rute (NM)	Duljina najkraće rute (NM)	Rutna naknada za najjeftiniju rutu (EUR)	Rutna naknada za najkraću rutu (EUR)	Razlika iznosa rutnih naknada (EUR)
1	1219,92	1218,83	1609,18	1981,18	372,00
2	1219,92	1218,83	1609,18	1981,18	372,00
7	1363,03	1358,12	1809,06	1855,41	46,35
10	1621,26	1613,64	1924,79	2349,03	424,24
13	1377,44	1370,66	1731,54	1854,65	123,11
14	1255,24	1254,15	1700,93	2073,43	372,50
15	1363,42	1327,65	1880,57	2340,55	459,98
16	1235,44	1230,47	1708,13	2082,19	374,06
20	1258,08	1225,61	1706,36	2069,53	363,17
21	1218,18	1213,27	1471,53	1516,65	45,12
22	1470,82	1466,50	1696,63	2114,40	417,77
23	1470,82	1466,50	1739,41	2167,70	428,29
28	1524,09	1523,08	1743,68	1746,39	2,71
29	1482,90	1480,88	1723,65	2067,59	343,94

Zanimljivo je uočiti da najveće razlike prelaze 450 eura te da se zrakoplovnim operaterima u smislu uštede plaćanja rutnih naknada isplati ići dužom rutom. No, također se u tablici mogu vidjeti i znatno manje razlike rutnih naknada te jako mala odstupanja od korištenja najkraće rute, ali se zrakoplovni operateri svejedno odlučuju na let nešto dužim rutama.

U daljnjim izračunima nastojalo se prikazati u kojoj mjeri troškovi goriva utječu na izbor određenih ruta.

Troškovi goriva izraženi su u obliku cijene koju su zrakoplovne kompanije morale platiti za određeni let. Iznos cijene odredio se prema sljedećoj formuli:

$$\text{Cijena (USD)} = \text{količina potrošenog goriva (kg)} * \text{prosječna cijena goriva (kg/USD)}.$$

Prosječna cijena goriva jednaka je iznosu prosječne cijene barela mlaznog goriva za promatrano razdoblje koju je objavila Međunarodna udruga za zračni prijevoz IATA (*International Air Transport Association*). Cijena barela mlaznog goriva za promatrano razdoblje iznosi 86,4 USD, što je nakon pretvorbe jednako iznosu od 0,68 USD po 1 kilogramu mlaznog goriva koji će se koristiti za daljnji izračun.

Podaci o ukupnoj količini potrošenog goriva u kilogramima za let najjeftinijom ili najkraćom rutom dobiveni su prema:

$$\text{Količina potrošenog goriva (kg)} = \text{duljina (NM)} * \text{prosječna potrošnja goriva (kg/NM)}.$$

Prosječna potrošnja goriva razlikuje se za svaki tip zrakoplova i ovisi o određenoj visini leta, a u tablici 12 nalaze se podaci za tipove zrakoplova promatranog uzorka.

Tablica 12 – Prosječna potrošnja goriva pri određenoj visini leta, [29] i [30]

Tip zrakoplova	Prosječna potrošnja goriva (kg/NM)
B738	5,87
A321	6,69
A320	5,79

Tablica 13 prikazuje prethodno navedene izračune gdje su prikazani podaci o cijeni utrošenog goriva i za najjeftiniju i najkraću rutu.

Tablica 13 – Analiza korištenja najjeftinijih i najkraćih ruta prema trošku goriva

Redni broj	Duljina najjeftinije rute (NM)	Duljina najkraće rute (NM)	Količina potrošenog goriva za najjeftiniju rutu (kg)	Količina potrošenog goriva za najkraću rutu (kg)	Cijena utrošenog goriva za najjeftiniju rutu (USD)	Cijena utrošenog goriva za najkraću rutu (USD)
1	1219,92	1218,83	7160,93	7154,53	4869,43	4865,08
2	1219,92	1218,83	7160,93	7154,53	4869,43	4865,08
7	1363,03	1358,12	9118,67	9085,82	6200,70	6178,36
10	1621,26	1613,64	9516,80	9472,07	6471,42	6441,01
13	1377,44	1370,66	8085,57	8045,77	5498,19	5471,12
14	1255,24	1254,15	7368,26	7362,51	5010,42	5006,51
15	1363,42	1327,65	9121,28	8881,98	6202,47	6039,75
16	1235,44	1230,47	7153,20	7124,42	4864,18	4844,61

20	1258,08	1225,61	7284,28	7269,98	4953,31	4943,59
21	1218,18	1213,27	7053,26	7024,83	4796,22	4776,88
22	1470,82	1466,50	8633,71	8608,36	5870,92	5853,68
23	1470,82	1466,50	8516,05	8491,04	5790,91	5773,91
28	1524,09	1523,08	8946,41	8940,48	6083,56	6079,53
29	1482,90	1480,88	8704,62	8692,77	5919,14	5911,08

Za bolju usporedbu prikaz podataka je organiziran u tablici 14 gdje su vidljive razlike korištenja najjeftinijih ili najkraćih ruta prema pojedinim kriterijima, tj. prema duljini, iznosu rutnih naknada, količini potrošenog goriva i cijeni utrošenog goriva. Zadnji stupac ove tablice prikazuje razliku vrijednosti cijena izraženih u eurima radi vjerodostojnije usporedbe s iznosom rutnih naknada. Za pretvorbu vrijednosti cijena iz američkih dolara u eure koristio se podatak s tečajne liste objavljene od strane Europske središnje banke za dan izrade tablice gdje je 1 američki dolar iznosio 0,864 eura.

Tablica 14 – Usporedba korištenja najjeftinijih i najkraćih ruta

Redni broj	Razlika duljine najjeftinije i najkraće rute (NM)	Razlika iznosa rutnih naknada za najjeftiniju i najkraću rutu (EUR)	Razlika količine potrošenog goriva za najjeftiniju i najkraću rutu (kg)	Razlika cijene utrošenog goriva za najjeftiniju i najkraću rutu (EUR)
1	1,09	372,00	-6,40	-3,76
2	1,09	372,00	-6,40	-3,76
7	4,91	46,35	-32,85	-19,30
10	7,62	424,24	-44,73	-26,27
13	6,78	123,11	-39,80	-23,39
14	1,09	372,50	-5,75	-3,38
15	35,77	459,98	-239,30	-140,59
16	4,97	374,06	-28,78	-16,91
20	32,47	363,17	-14,30	-8,40
21	4,91	45,12	-28,43	-16,71
22	4,32	417,77	-25,35	-14,90
23	4,32	428,29	-25,01	-14,69
28	1,01	2,71	-5,93	-3,48
29	1,09	343,94	-6,40	-3,76

U tablici su razlike količine potrošenog goriva i cijene utrošenog goriva prikazane u negativnim vrijednostima jer se usporedba odnosila na korištenje najjeftinije rute umjesto najkraće. To znači da su zrakoplovni operateri koji su se odlučili na navedenu opciju imali veći trošak plaćanja cijene goriva za prijedenu udaljenost od onoga koji bi imali da su letjeli najkraćom rutom. Iako je cijena utrošenog goriva u slučaju izbora najjeftinije rute veća, ona je skoro neprimjetna u odnosu na pozitivnu razliku od iznosa rutnih naknada koju su zrakoplovni operateri imali birajući najjeftiniju rutu. Može se zaključiti da se zrakoplovnim operaterima isplati ići dužom rutom jer je plaćanje veće cijene goriva skoro zanemarivo u odnosu na uštedu od rutnih naknada.

Na kraju ove analize također je značajno primijetiti da razlike u duljini najjeftinije i najkraće rute nisu znatno velike, no razlika u iznosu rutnih naknada može predstavljati značajnu promjenu. Iako je u prethodnim poglavljima spomenuto kako veći broj prijedjenih milja dovodi do većeg zagađenja okoliša, na primjeru ovog uzroka prometa je vidljivo da brojke koje čine razliku duljina promatranih ruta nisu velike te da je povećanje zagađenja okoliša relativno malo u slučaju izbora najjeftinije rute. Iako je udio zrakoplova koji je koristio najjeftiniju rutu jednak 31%, razumljivo je zašto su se pojedini operateri odlučili na takav izbor. Biranjem država koje imaju manje jedinične naknade za prelet iznad njihovog teritorija, zanemarujući broj prijedjenih milja, omogućili su uspješnije poslovanje svoje kompanije.

7. ZAKLJUČAK

Razvoj današnjeg sustava upravljanja zračnim prometom je usmjeren na savladavanje izazova koje donosi stalan trend povećanja zračnog prometa. Pružatelji usluga kontrole zračne plovidbe, zračne luke te naposljetku i sami zrakoplovni operateri razvijaju i istražuju nove metode i tehnologije kojima bi se postiglo sigurnije i učinkovitije odvijanje zračnog prometa.

Kako je ranije spomenuto u radu, sustav upravljanja zračnim prometom se temelji na šest ključnih područja učinkovitosti: troškovna učinkovitost, operativna učinkovitost, okoliš, kapacitet, sigurnost i zaštita. Veliki izazov, i kao jedan od važnijih, sigurno predstavlja područje okoliša na čije se neposredno poboljšanje stavlja veliki naglasak. Dugoročni cilj za područje okoliša jest omogućiti smanjenje štetnih utjecaja koje zrakoplovi imaju na okoliš u što većoj mjeri. To je moguće postići smanjenjem prijedene udaljenosti između polazišta i odredišta jer manji broj prijedanih milja utječe na manju potrošnju goriva, a samim time i na manje emisije štetnih plinova.

Jedan od rješenja SESAR-a kojim su se nastojali postići ciljevi vezani za područje okoliša bila je implementacija koncepta slobodnih ruta FRA (*Free Route Airspace*) koja omogućuje zrakoplovnom operateru slobodno planiranje ruta između definiranih ulaznih i izlaznih točaka. To bi značilo mogućnost planiranja najkraćeg leta. Procijenjeno je da bi takav način letenja donio uštede prijedanje udaljenosti do 25 000 nautičkih milja u jednom danu. Prijedane udaljenosti bi mogle biti smanjene za približno 7,5 milijuna nautičkih milja, što odgovara 45 000 tona uštedenog goriva, ili smanjenje emisija štetnih plinova za 150 000 tona. Navedeni ciljevi su ostvarivi korištenjem najkraće rute te bi zrakoplovni operateri trebali težiti biranju upravo takvih ruta.

Budući da se rutne naknade određuju prema faktoru duljine leta i faktoru težine zrakoplova, let najkraćom rutom bi trebao predstavljati ujedno i najjeftiniji let. Međutim, ovom analizom utvrdilo se da to nije uvijek slučaj. Značajan postotak letova se ipak odvija najjeftinijom rutom koja se razlikuje od najkraće i prema duljini i iznosu troškova u smislu rutnih naknada.

Daljnijim analiziranjem došlo je se do zaključka da odstupanja u duljinama navedenih ruta i nisu velika dok to isto ne vrijedi i za iznose rutnih naknada. Razlog tome leži u velikim odstupanjima iznosa pojedinačnih rutnih naknada pojedinih država iznad kojih se let odvija. Iako iz ovoga proizilazi da povećanje štetnog utjecaja na okoliš ne doseže velike vrijednosti, za postizanje dugoročnog cilja u vezi okoliša potrebno je smanjiti taj utjecaj na najmanju moguću mjeru. Kao prijedlog za rješenje postojećeg problema moglo bi se u obzir uzeti povećanje penalizacije za nebiranje najkraćih ruta ili usklađivanje iznosa rutnih naknada, odnosno pronalaženje rješenja optimizacije troškova preleta iznad pojedinačnih država. Time bi se smanjila troškovna učinkovitost zrakoplovnih operatera, ali bi se razina zaštite okoliša podignula na veću razinu što bi i trebao biti prioritarniji cilj.

LITERATURA

- [1] Juričić, B.: *Zrakoplovno informiranje - skripta*, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2018.
- [2] <http://caa-ks.org/en/atmans/air-navigation-services-ans/>, svibanj 2018.
- [3] Juričić, B.: *Upravljanje kapacitetom i protokom zračnog prometa - Autorizirana predavanja*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017./2018.
- [4] <http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=11>, svibanj 2018.
- [5] <http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=129>, svibanj 2018.
- [6] <http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=130>, svibanj 2018.
- [7] <http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=131>, svibanj 2018.
- [8] <http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=29>, svibanj 2018.
- [9] <http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=30>, svibanj 2018.
- [10] <http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=26>, svibanj 2018.
- [11] <http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=27>, svibanj 2018.
- [12] https://ec.europa.eu/transport/modes/air/single_european_sky/ses_2_en, svibanj 2018.
- [13] <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/modes/air/sesar/doc/eu-atm-master-plan-2015.pdf>, svibanj 2018.
- [14] *Manual on Global Performance of the Air Navigation System*, Doc 9883, ICAO, First Edition 2009
- [15] *Draft Performance Review Report*, EUROCONTROL, 2017
- [16] <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/events/presentation/140219-ans-ops-performance-add-asma.pdf>, svibanj 2018.
- [17] *Conditions of Application of the Route Charges System and Conditions of Payment*, EUROCONTROL, May 2011
- [18] <https://www.eurocontrol.int/articles/what-are-route-charges>, svibanj 2018.
- [19] Central Route Charge Office, *Customer Guide to Charges*, EUROCONTROL, January 2018
- [20] Central Route Charge Office, *Principles for establishing the cost-base for en-route charges and the calculation of the unit rates*, EUROCONTROL, January 2018

- [21] <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/route-charges/unit-rates-and-tariffs/ur-2017-07.pdf>, lipanj 2018.
- [22] *Pravilnik o utvrđivanju rutnih i terminalnih naknada*, Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture, Zagreb, 2013
- [23] AIP, GEN 4.2. – *Naknade za usluge kontrole zračne plovidbe*, Hrvatska kontrola zračne plovidbe, Zagreb, travanj 2018
- [24] <https://www.google.com/maps/dir/Zagreb,+Croatia/Paris,+France>, lipanj 2018.
- [25] *Pravilnik o uspostavljanju programa mjerenja učinkovitosti usluga u zračnoj plovidbi i mrežnih funkcija*, Ministarstvo mora, turizma, prometa i razvitka, Zagreb, 2011
- [26] *European Aviation Environmental Report*, EASA, EUROCONTROL, 2016
- [27] *Performance Indicator – Horizontal Flight Efficiency*, EUROCONTROL, May 2014
- [28] <https://www.eurocontrol.int/services/nest-modelling-tool>, kolovoz 2018.
- [29] <https://bit.ly/2xclfoR>, rujan 2018.
- [30] <https://bit.ly/1Y2UKKz>, rujan 2018.

POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz ambicija koncepta SESAR za 2035. godinu	9
Slika 2. Države članice EUROCONTROL-a, [15]	11
Slika 3. Udio emisija CO ₂ koje zrakoplovstvo ima na okoliš	12
Slika 4. Pružatelji usluga u zračnoj plovidbi s najvećim ostvarenim kašnjenjem u 2017. godini	14
Slika 5. Centri kontrole zračnog prometa s najvećim ostvarenim kašnjenjem u 2017. godini	14
Slika 6. Horizontalna učinkovitost leta po pojedinim državama za 2017. godinu	15
Slika 7. Varijacije prometa na 30 glavnih zračnih luka u Europi, [15]	16
Slika 8. Najkraća zračna udaljenost između Zagreba i Pariza, [24]	28
Slika 9. Prikaz horizontalne učinkovitosti leta	34
Slika 10. Prvi način izračuna postignute udaljenosti	35
Slika 11. Drugi način izračuna postignute udaljenosti	35
Slika 12. Filter kojim se izdvajaju letovi iz Engleske za Grčku	39
Slika 13. Prikaz funkcije <i>Assignment</i>	40
Slika 14. Prikaz funkcije <i>Profile</i>	41
Slika 15. Prikaz funkcije <i>Airspace/Traffic Intersection</i>	42
Slika 16. Prikaz funkcije <i>Route Charge</i>	43
Slika 17. Prikaz funkcije <i>Cheapest/Shortest Route Choice</i>	44
Slika 18. Prikaz najjeftinijih i najkraćih ruta	44
Slika 19. Lista leta unutar programa NEST	45
Slika 20. Prikaz funkcije <i>Scenario Economy</i>	52
Slika 21. Razlika između stvarne rute zrakoplova i najjeftinije ili najkraće rute	54
Slika 22. Razlika najjeftinije i najkraće rute	58

POPIS TABLICA

Tablica 1 – Države članice koje sudjeluju u naplati rutnih naknada.....	18
Tablica 2 – Jedinične cijene rutnih naknada za države članice EUROCONTROL područja ..	24
Tablica 3 – Izračun rutnih naknada za određeni let	29
Tablica 4 – Izlazni podaci za analizu usporedbe korištenja najjeftinijih ili najkraćih ruta	46
Tablica 5 – Podaci o tipovima zrakoplova	51
Tablica 6 – Prikaz indikatora štetnog utjecaja na okoliš	53
Tablica 7 – Udio korištenja pojedinih ruta zrakoplovnih kompanija	55
Tablica 8 – Izabrani izlazni podaci za analizu usporedbe korištenja najjeftinijih ili najkraćih ruta.....	56
Tablica 9 – Izračun rutne naknade za najjeftiniju rutu	58
Tablica 10 – Izračun rutne naknade za najkraću rutu.....	59
Tablica 11 – Analiza korištenja najjeftinijih i najkraćih ruta prema rutnim naknadama	60
Tablica 12 – Prosječna potrošnja goriva pri određenoj visini leta, [29] i [30].....	61
Tablica 13 – Analiza korištenja najjeftinijih i najkraćih ruta prema trošku goriva.....	61
Tablica 14 – Usporedba korištenja najjeftinijih i najkraćih ruta	62



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ diplomski rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ diplomskog rada
pod naslovom **Izračun rutnih naknada s ciljem usporedbe korištenja najjeftinijih
ili najkraćih ruta**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 26.9.2018. _____

Emanuela Antolović
(potpis)